



Raquel Ayala/ Joe Llerena
(Coordinadores)

Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad

Memoria Académica

Universidad Politécnica Salesiana

**Tercer Congreso
Internacional de Ciencia,
Tecnología e Innovación
para la Sociedad**

Memoria académica

Raquel Ayala y Joe Llerena
(Coordinadores)

Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad

Memoria académica



2017

© Raquel Ayala y Joe Llerena (Coordinadores)

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

Comité Permanente

M.Sc. Juan Pablo Salgado, Vicerrector de Investigación, Universidad Politécnica Salesiana
 PhD. Luis Álvarez Rodas, Editor General de la Universidad Politécnica Salesiana
 MFI. Andrés Bayolo Garay, Vicerrector de sede, UPS Guayaquil
 PhD. Raquel Ayala Carabajo, Coordinadora de Investigación de sede Guayaquil

Comité Organizador

Ph.D. Raquel Ayala Carabajo
 Ph.D. Andrea Vázquez Martínez
 Ph.D. Julián Triana Dopico
 M.Sc. Pablo Parra Rosero
 M.Sc. Pablo Pérez Gosende
 M.Sc. Alex Parra Rosero
 M.Sc. Joe Llerena Izquierdo

Comité Científico

Ph. D. María Elena Maldonado (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph. D. Raquel Ayala Carabajo (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph. D. Andrea Vázquez Martínez (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph. D. Pedro Fernández de Córdoba (Universidad Politécnica de Valencia, España).
 Ph. D. Luciano Bellini (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph. D. Luis Álvarez Rodas (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph. D. Pedro Luis González Rivera (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph.D. Yoandris Sierra Lara (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph.D. Julián Triana Dopico (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph.D. Eddy Conde Lorenzo (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph.D. Jack Bravo Torres (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph.D. Julio Viola (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph.D. John Morales García (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).
 Ph. D. Nervo Xavier Verdezoto (University of Leicester, Reino Unido).
 Ph.D. Alberto Ríos Villacorta (Universidad Técnica de Ambato, Ecuador).
 Ph. D. Daniel Gamermann (Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
 Ph. D. Franklin Gavilánez (Montgomery College, USA).
 Ph. D. Salvatore Patera (Universidad de Salento).
 Ph.D. Ricardo Silva (Ciudad del Conocimiento Yachay, Ecuador).

Charlas magistrales del congreso internacional

Charla Magistral Inaugural: **“Conocimiento en Red: Acceso Abierto y difusión de las investigaciones”**, *Ph.D. Luis Miguel Romero Rodríguez*

Charla Magistral: **“Aplicación del Algoritmo de Google a las Redes Biológicas”**, *Ph.D. Daniel Gamermann*

Charla Magistral: **“Comunicación científica y revista electrónica: los nuevos retos”**, *Ph.D. Salvador Chávez, Ph.D. Arianna Becerril García*

Charla Magistral: **“Network de oficinas de transferencia tecnológica en Italia-NETVAL- modelos de valorización del conocimiento y casos de impacto”**, *Ph.D. Riccardo Barberi*

Charla Magistral: **“Electricidad 2.0 nuevos Modelos de Negocios”**, *Ph.D. José Gabriel Zato*

Charla Magistral: **“La Investigación y la Universidad”**, *MSc. Juan Pablo Salgado*

Charla Magistral: **“La Matemática detrás de la Tomografía”**, *Ph.D. Franklin Gavilánez*

Charla Magistral: **“Robótica, tendencias y controversias”**, *Ph.D. Eladio Dapena*

Charla Magistral: **“Energesis, un recorrido desde la investigación universitaria a la creación de empresas: desarrollo tecnológico, diversificación e internacionalización”**, *Ph.D. Pedro Fernández de Córdoba*

Charla Magistral: **“Soft Computing y su aplicación en las telecomunicaciones”**,

Amilkar Puris. Ph.D., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

Charla Magistral: **“Diseñando tecnología que se adapte a la vida cotidiana en la era de la computación ubicua: Retos y oportunidades en áreas de la salud y sostenibilidad”**, *Nervo Xavier Verdezoto. Ph.D., Postdoctoral Researcher at the Ubiquitous Computing and Interaction Group, Department of Computer Science, Aarhus University Denmark.*

Charla Magistral: **“Tecnología de los biodigestores, aprovechamiento de subproductos agro-industriales para la obtención de biocombustible”**, *Juan Neira Mosquera. Ph.D., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador*

Índice

PRESENTACIÓN

DESIGN AND VALIDATION OF A PROTOTYPE BIOMETRIC SENSOR IN RASPBERRY PI FOR ACCESS CONTROL

- Diseño y validación de un sensor biométrico prototipo en raspberry pi para el control de acceso 11
A. Tisalema, R. Nogales, R. Urvina

DELIMITING THE SCOPE OF THE METAL-MECHANIC INDUSTRY IN GUAYAQUIL

- Delimitando el alcance de la industria metalmecánica de Guayaquil 33
Pablo Alberto Pérez Gosende, Javier Antonio Carrera Jiménez,
Jorge Fabricio Freire Morán, María Elena Morales Navas

ADAPTATIVE FLOW CONTROL AN EMBEDDED SYSTEM APPLIED TO A SEMI-INDUSTRIAL PLANT (Control adaptativo de flujo en un sistema embebido, aplicado a un planta semi-industrial)

- 53
Nino Vega, Pablo Parra, Byron Romero, Daniel Martillo

SMART ILLUMINATION SYSTEM BASED ON AN INTEGRATING CONTROLLER

- Control integrador de un sistema de iluminación inteligente 69
Nino Vega, Karen Paredes, Eduardo Holguín, Luis Córdova

HUMANISTIC ANALYSIS OF RELATIONSHIP BIOETHICS-TECHNOSCIENCE, IN THE LIGHT OF THE DOCUMENT: A REFLECTION OF BIOETHICS FOR THE TECHNOSCIENCE

- Análisis humanístico de la relación bioética-tecnociencia, a la luz del documento: una reflexión bioética para la tecnociencia 87
Roberto Briones Yela

REGULATION OF LIGHTING IN ENVIRONMENTS WITH RANDOM FACTOR OF LIGHT INCIDENCE USING THE CONTROL OF LIGHT EMITTING DIODES

- Regulación de iluminación en entornos con factor de incidencia lumínica aleatorio mediante el control de diodos emisores de luz 95
Nino Vega, Manuel Romero, Miguel Heras, César Chalén

ICT IN THE TEACHING: A INTROSPECTIVE IN SALESIAN UNIVERSITY

- Las TIC en el proceso de enseñanza: una introspectiva a la Universidad Politécnica Salesiana 109
Carlos Ernesto Gavilondo Rodríguez, María Isabel Del Pino Pérez

INDUSTRIAL TRAINING MODULE AS-INTERFACE: A TOOL FOR EDUCATION

- Módulo didáctico de red industrial AS-interface: Una herramienta para la educación 123
Gary Omar Ampuño Avilés, Byron Orellana, Anderson Pérez,
Harry Villamar, Giancarlo Salazar, José Cobeña

METHODOLOGICAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM AND THE ELECTRICAL ENGINEER FORMATION
IN THE POLYTECHNIC UNIVERSITY SALESIANA OF ECUADOR

El simposio científico metodológico y la formación del ingeniero eléctrico en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador	139
Pedro Luis González Rivera, Pedro Osvel Núñez Izaguirre, Gabriela Fernanda Sánchez Espinoza	

ANALYSIS OF EXTERNAL FACTORS IN THE UNIVERSITY STUDENTS DROPOUT, CASE STUDY:
INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER, SALESIAN POLYTECHNIC UNIVERSITY,
HEADQUARTERS GUAYAQUIL

Análisis de factores externos en la deserción estudiantil universitaria, caso de estudio: carrera de ingeniería industrial, Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil	149
Fabiola Terán, Raúl Álvarez, Julián Triana, Jonathan Rizzo	

THE FLIPPED CLASSROOM AND COOPERATIVE LEARNING IN STUDENT PERFORMANCE CLASS

La clase invertida y el aprendizaje cooperativo en el rendimiento estudiantil	163
Enrique Javier Caballero Barros, Jorge Gregorio Llaguno Vera	

Presentación

El Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad, CITIS, realizado el 30 de noviembre, 1 y 2 de diciembre del 2016 y organizado por la Universidad Politécnica Salesiana, confirma la necesidad de crear espacios idóneos para la presentación, difusión e intercambio de los resultados de investigaciones en la comunidad académica.

CITIS 2016, se abre a nivel internacional en su tercera edición, permitiendo la difusión de avances teóricos y tecnológicos expuestos por investigadores del ámbito académico universitario. Las líneas de investigación para este año, destacan la contribución al mejoramiento de la calidad de vida, la transformación social y la responsabilidad ética, económica, ciudadana, entre otras (Ciencia, Tecnología y, Ciudadanía, Comunicación, Salud, Religión, Educación, Ambiente y Productividad), que muestran una inquietante búsqueda de ayudar a nuestra sociedad preocupados por la dimensión humana y social en el desarrollo responsable de la ciencia y de la tecnología.

En palabras de Patricia Albarracín Acosta, especialista Zonal de Ciencia, Tecnología e Innovación de la SENESCYT, Zona 5 y 8, este espacio, contribuye al interés nacional de crear una economía social del conocimiento empoderada en aquellas investigaciones que surgen desde la Universidad para una mejor sociedad; abierta a nuevos conocimientos, a prácticas innovadoras de investigación, a la consolidación de una verdadera experiencia en valores, donde los participantes exigen elevar el nivel intelectual, de rigor y de cuestionamiento crítico, alcanzando una verdadera búsqueda de la solución a problemas que los mismos investigadores se han planteado.

La presencia de destacados investigadores, presentando en sus charlas magistrales, conocimientos actuales y experiencias motivadoras, pone en evidencia la importancia de este evento para la comunidad ecuatoriana y en general. Los altos niveles de trabajos investigativos presentados durante los tres días del Congreso, donde intervienen ponentes nacionales e internacionales confirman la necesidad de continuar con la promoción de la producción científica desde la Universidad para la Sociedad.

Cada vez más se acorta el plazo para que CITIS se convierta en un Congreso de referencia en el país y con proyección internacional, gracias a la gestión de las autoridades de sede a nivel nacional, que van estableciendo aquellos criterios que son fundamentales para la buena organización del mismo. La visión académica humanística, colaborativa y de pertinencia social que mantiene la Universidad Politécnica Salesiana, logra que CITIS tenga una verdadera dirección bajo la misión y visión de nuestra institución universitaria.

Querido lector, es nuestra intención que en cada lectura de estas Memorias pueda percibir la relevancia de los resultados científicos, tecnológicos y de innovación, que desde este espacio se generan y comparten, fruto del esfuerzo que nace de esta experiencia transformadora con abordaje científico y con miras a una sociedad diferente basada en una ciencia más humana para un verdadero cambio social.

Ph.D. Raquel Ayala Carabajo
Coordinadora de Investigación
Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil

Ing. Joe Llerena Izquierdo, MSig. MAE. Msc.
Comité Organizador del Congreso Internacional
de Ciencia, Tecnología e innovación (CITIS) 2016

Design and Validation of a Prototype Biometric Sensor in Raspberry pi for Access Control

Diseño y validación de un sensor biométrico prototipo en raspberry pi para el control de acceso

A. Tisalema¹, R. Nogales², R. Urvina³

Abstract: The present work aims at the collection of information of the analysis process and design of a prototype access control using embedded systems such as Raspberry Pi. Likewise a biometric sensor was incorporated, with the purpose to identify the user by its fingerprint. The information generated is stored for processing in a MemSQL Database Manager in the cloud. The purpose of the prototype is to ensure the operation of the sensor in a java application, and its compatibility with Raspbian. Its development seeks generate experience and knowledge in the use of biometric sensors in the environment of a Raspberry Pi.

Keywords: Embedded systems, Raspberry Pi, Fingerprint, Raspbian

Resumen: El presente trabajo tiene como finalidad la recopilación de información del proceso de análisis y diseño de un prototipo de control de acceso, utilizando sistemas embebidos como Raspberry Pi. Así mismo se incorporó un sensor biométrico, con la finalidad de identificar al usuario por su huella dactilar. La información generada es almacenada, para su procesamiento en un Gestor de Base de Datos MemSQL en la nube. El propósito del prototipo es garantizar el funcionamiento del sensor en un aplicativo java, y su compatibilidad con Raspbian. Su desarrollo busca, generar experiencia y conocimiento en la utilización de sensores biométricos en el ambiente de un Raspberry Pi.

Palabras Clave: Sistemas embebidos, Raspberry Pi, Huella dactilar, Raspbian

1 Andrés Alejandro Tisalema, Egresado, Universidad Técnica de Ambato, atisalema3900@uta.edu.ec

2 Rubén Eduardo Nogales. Docente – Investigador, Universidad Técnica de Ambato, r.nogales@uta.edu.ec

3 Kléver Renato Urvina, Docente – Investigador, Universidad Técnica de Ambato, r_urvina3@uta.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

La biometría es considerada como un método que consiste en medir una de las características del cuerpo humano con el fin de identificar a una persona de otra. Para esto se debe elegir una característica dotada de una fuerte variabilidad de un individuo a otro [1]. Dentro de los principales métodos utilizados en la biometría se encuentran:

- cara
- huellas dactilares
- geometría de la mano
- iris del ojo
- voz
- pulso cardíaco
- radiografía dental
- ADN
- forma de escribir a mano
- y la forma de digitar en el computador.

En este contexto el sistema más común en el proceso de identificación a personas es el reconocimiento de huellas dactilares. Una huella dactilar es una característica biométrica que se basa en la presencia de un conjunto de líneas genéticas llamadas crestas y valles, estas son características que se manifiestan a partir del período de gestación del ser humano, son invariantes, propias y unívocas del individuo [2].

De este modo la operación de un sistema de reconocimiento de huellas dactilares está basado en:

- Capturar un rasgo biométrico
- Extraer un conjunto de características
- Comparar con varios patrones almacenados
- Identificar al usuario [3].

La captura de las huellas dactilares se realizó utilizando el sensor biométrico óptico, SecuGen Hamster Plus FDU03, en la actualidad el sensor es utilizado en varios ámbitos como:

- Seguridad de computadoras personales
- Seguridad de redes empresariales
- Comercio electrónico
- Transacciones electrónicas
- Sistemas financieros o bancarios, entre otros.

El sensor biométrico SecuGen Hamster Plus FDU03 es un dispositivo embebido compatible con Windows y Linux a través de su software de control o SDK, de esta manera hace posible su integración con otros dispositivos embebidos de bajo costo como Raspberry Pi. Un sistema embebido es un sistema basado en uno o varios microprocesadores diseñado para realizar determinadas funciones, son programados previamente para realizar ciertas tareas, el usuario final puede interactuar con él, pero no podrá cambiar su función principal [8].

Raspberry Pi es una de las plataformas de hardware de código abierto que han tenido una importante contribución en el mundo IoT según [9], es un microordenador capaz de ejecutar versiones básicas de sistemas operativos como Windows o, versiones de sistemas operativos derivados de Linux.

El Internet de las Cosas (IoT) consiste en la integración de sensores y dispositivos conectados a Internet a través de una red. Los sensores y dispositivos son fácilmente integrables en hogares, entornos de trabajo y lugares públicos debido a su tamaño y costo.

El sistema operativo que se utilizará será Raspbian, este es un sistema operativo embebido basado en Linux. Los sistemas operativos embebidos son sistemas de software pequeños, desarrollados específicamente para ser utilizados con algún sistema embebido en particular, son versiones reducidas de sistemas operativos utilizados en dispositivos de propósito general [10].

Los dispositivos Raspberry Pi incluyen varios puertos como: HDMI, Ethernet, USB versión 2.0, Audio, y Video RCA y posee un puerto de Entradas y Salidas de propósito general (GPIO) de 40 pines. La comunicación con el puerto GPIO no se encuentra directamente soportado por los sistemas operativos para

Raspberry Pi, motivo por el cual se utilizará un paquete de librerías de licencia abierta compatible con Java, Pi4j.jar utilizadas para la comunicación con el mundo exterior.

El hardware y software de código abierto que se utilizará ofrece un sistema de rápida expansión, y presenta grandes prestaciones, los costos de implementación se reducirán, debido a la no adquisición de licencias de software de gran valor económico.

El propósito del sistema embebido es un control de seguridad electrónico para el acceso a laboratorios, a través del reconocimiento de huellas dactilares en la nube.

De esta forma la implementación de este prototipo podría convertirse en una alternativa viable frente a los sistemas de control de acceso comerciales.

Uno de los retos presentados es la integración de varias tecnologías embebidas como el sensor biométrico SecuGen Hamster Plus y el dispositivo embebido Raspberry Pi trabajando como un solo sistema IoT inteligente.

A sí mismo el sistema está compuesto por una aplicación desarrollada en Java, la cual será implementada en un dispositivo embebido Raspberry Pi y controlará la comunicación entre el sensor biométrico SecuGen Hamster Plus y el puerto GPIO del Raspberry Pi.

2. IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES BIOMÉTRICOS EN SISTEMAS DE CONTROL

La autenticación por huella dactilar es una de las tecnologías biométricas más desarrolladas y, es usada por un gran número de aplicaciones de reconocimiento, de tal manera que se encuentra entre las diez tecnologías emergentes que cambiarán el mundo según un informe realizado por el Massachusetts Institute of Technology [4].

En la tabla 1, se muestra una comparativa de identificadores biométricos, basado en el estudio de Jain, Maltony y Maio [5]. Se obtiene que, las huellas dactilares cuentan con un mejor balance entre todas las propiedades que debe poseer un identificador biométrico.

Tabla 1. Comparación de identificadores biométricos.
Alto, Medio y Bajo son denotados por H, M, L respectivamente

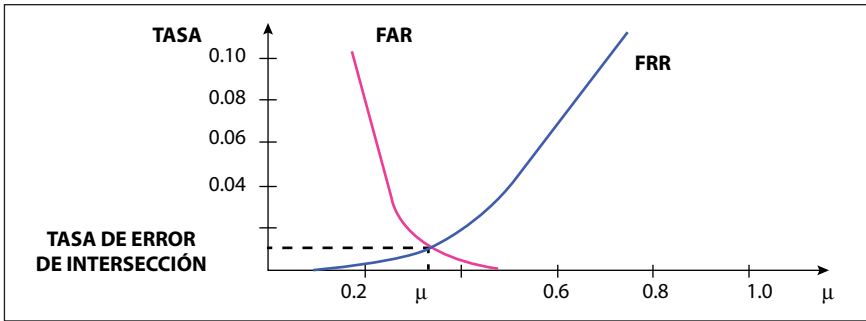
Biometric identifier	Universality	Distinctiveness	Permanence	Collectability	Performance	Acceptability	Circumvention
Face	H	L	M	H	L	H	H
Fingerprint	M	H	H	M	H	M	M
Hand geometry	M	M	M	H	M	M	M
Hand/finger vein	M	M	M	M	M	M	L
Iris	H	H	H	M	H	L	L
Signature	L	L	L	H	L	H	H
Voice	M	L	L	M	L	H	H

Fuente: Handbook of fingerprint recognition [5].

Todos los sistemas de detección biométrico presentan un margen de error, en el estudio de Zorita [6] se considera que el sistema de identificación por huellas dactilares es el que menor margen de error presenta, en la investigación se realizó un total de 22.500 comparaciones, para determinar el grado de paren-

tesco o seguridad, a través de la tasa de falsa aceptación (FAR) y la tasa de falso rechazo (FRR). El grado de seguridad deseado se define mediante el umbral de aceptación (μ), un número real que indica el mínimo parentesco permitido en una verificación de huellas dactilares, figura 1.

Figura 1. Tasa de falso rechazo (FRR) y tasa de falsa aceptación (FAR) como funciones del umbral de aceptación μ , para un sistema biométrico



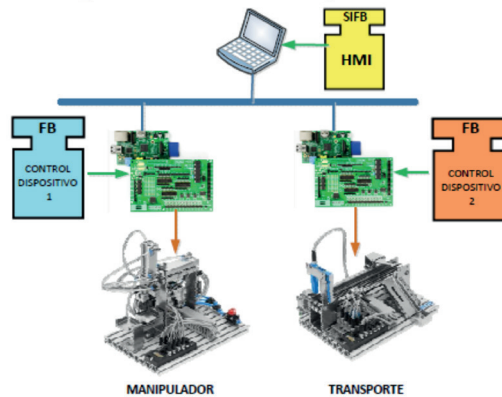
Fuente: Biometric authentication system [7].

Como resultado, se obtuvo que la mejor calidad de las imágenes, son adquiridas con un escáner óptico, teniendo una disminución significativa de Error: de 2.62%, con escáner de semiconductores, a un 0.13%, con escáner óptico [6].

En el año 2013, en la Universidad del País Vasco [11], se desarrolló un sistema empujado de control, imple-

mentado con dispositivos embebidos Raspberry Pi bajo el Estándar IEC-61499, proporcionando así un nivel más alto de diseño, reutilización de componentes de software e independencia de hardware. La aplicación que controla al sistema, se encuentra basada en FBs o Bloque de Función, fue desarrollada en FORTE y, su finalidad es el control distribuido de dos procesos industriales, figura 2.

Figura 2. Automatización de los procesos industriales



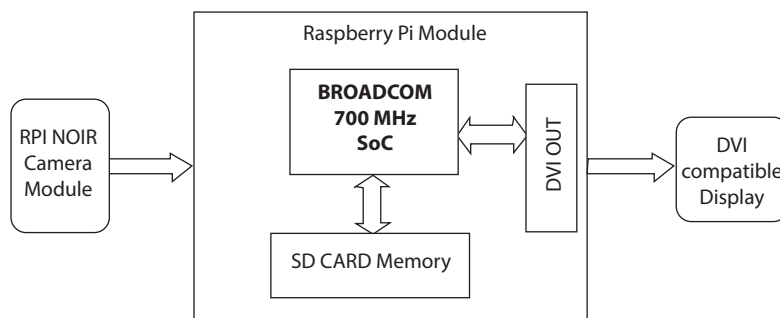
Fuente: Implementación de sistemas empujados de control distribuidos bajo el estándar iec-61499 [11].

El sistema está compuesto por tres dispositivos, administrado por sus FBs correspondientes.

En el año 2014 en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Bharathiar, India, en la

investigación «*Embedded Image Capturing System Using Raspberry Pi System*» de Kumar, Senthilumar y Gopalakrishnan [12], se desarrolló una técnica para la captura de una imagen en un sistema embebido basado en Raspberry Pi, figura 3.

Figura 3. Esquema del Sistema ImageCapturing



Fuente: *Embedded image capturing system using raspberry pi system* [12].

El proyecto consiste en la implementación de una cámara NoIR compatible con Raspberry Pi para realizar la captura de una imagen, la cual es almacenada en una base de datos, para su comparación e identificación utilizando algoritmos de reconocimiento facial.

Como resultado se obtuvo un prototipo experimental de un sistema de captura de imágenes embebido con Raspberry Pi, pequeño, ligero, de poco consumo eléctrico y bajo costo.

En el año 2015, en España, [13], se implementó un sistema de control basado en la incorporación de un sensor de huellas dactilares en un Raspberry Pi con Linux, el cual

proporciona una interfaz de usuario a través de un Web Server. La aplicación fue desarrollada en Node.js, es responsable de la administración entre todos los dispositivos del sistema. El sensor de huellas dactilares y el Raspberry Pi se comunican a través del puerto serial TTYAMA0 (Pines TXD y RXD), se genera la información biométrica de los usuarios y es almacenada en una pequeña base de datos relacional en SQLite.

Se realizaron varias pruebas para determinar la viabilidad del sistema:

- La comunicación entre dispositivos, se determinó a través del tiempo de respuesta en cada proceso, tabla 2.

Tabla 2. Tiempo de respuesta del servidor

Route	Time (in Seconds)
GET domain/fingerprint	0.113
GET domain/fingerprint	0.104
GET domain/fingerprint/identify	4.5
DELETE domain/fingerprint	2.413
DELETE domain/fingerprint/id	2.587
POST domain/fingerprint	7.1
PUT domain/fingerprint/identify	8.457

Fuente: Fingerscanner: Embedding a fingerprint scanner in a raspberry pi [13].

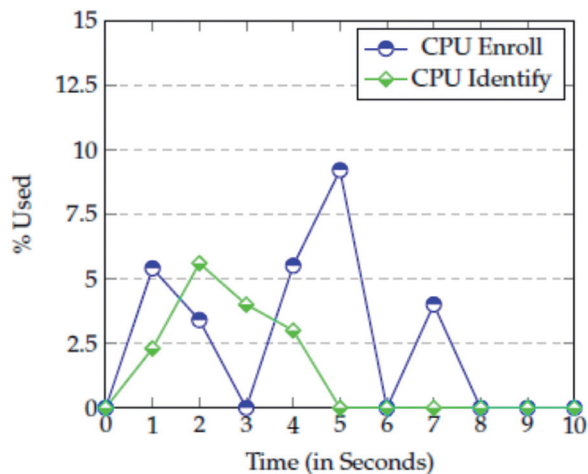
- Así como la eficiencia del escáner, contabilizando el número de intentos exitosos en los procesos de Identificación y Enro-

lamiento del usuario en la tabla 3 y, el rendimiento del CPU del Raspberry Pi en dichos procesos en la figura 4.

Tabla 3. Procesos de Identificación y Enrolamiento.

Routine	1st Time	2st Time	3st Time
Identify	14	4	2
Enroll	15	5	0

Fuente: Fingerscanner: Embedding a fingerprint scanner in a raspberry pi [13].

Figura 4. Rendimiento del CPU en procesos de Identificación y Enrolamiento

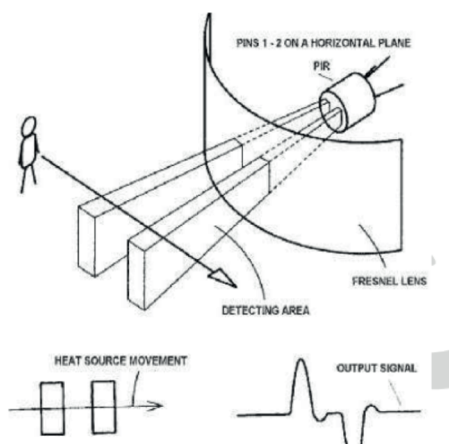
Fuente: Fingerscanner: Embedding a fingerprint scanner in a raspberry pi [13].

Los resultados del proyecto demostraron que el sistema FingerScanner debido a su funcionalidad y fácil escalabilidad puede llegar a convertirse en un producto comercial.

En 2015, U. Sowmiya y S. Manssor, autores del proyecto

«*Raspberry Pi based home door security through 3g dongle*» [14], desarrollaron un sistema para conectar una puerta al internet. Se utilizó una cámara USB y un sensor PIR para la detección de personas trabajando en conjunto con un dispositivo embebido Raspberry Pi.

Figura 5. Funcionamiento básico de un PIR



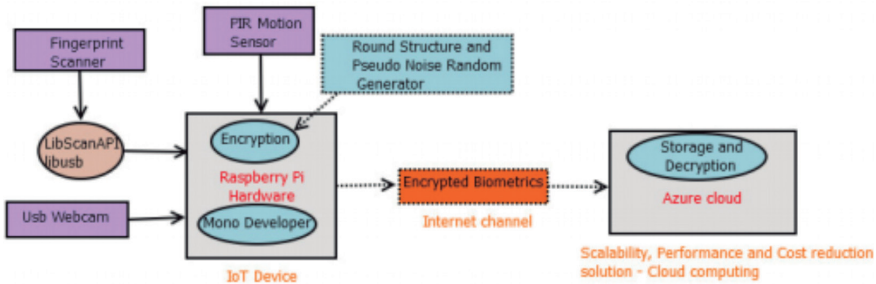
Fuente: Raspberry pi based home door security through 3g dongle [14].

El Raspberry Pi fue equipado con un módem USB 3G para una conexión inalámbrica. En el caso de que una persona se encuentre a unos pasos de la puerta, el sensor PIR descrito en la figura 5, enviará una señal para la activación de la cámara USB por un tiempo determinado de 10 segundos, esta información es transmitida al Raspberry Pi a través del modem 3G y es almacenada en una base de datos. El sistema puede llegar a ser expandido a múltiples

puertas y ventanas y llegar a ser un sistema embebido de seguridad robusto y sofisticado de bajo costo.

En el estudio «Tecnología IoT basada en la Biometría» [15], desarrollado por D. Shah y V. Bharadi se propone, el uso de un Raspberry Pi para la implementación de un sistema biométrico con capacidades similares a las de una computadora personal. En la figura 6, se muestra un esquema general del sistema IoT.

Figura 6. IoT basado en Sistemas Biométricos



Fuente: IoT based biometrics implementation on raspberry pi [15].

El sistema está compuesto por 2 sensores, un sensor dactilar y una cámara, compatibles con Raspberry Pi. La información biométrica es encriptada a través de un algoritmo AES-256, posteriormente los datos y sus llaves de encriptación son enviados a la nube para su almacenamiento. El sistema se presenta como una arquitectura IoT basada en biometría de bajo costo, implementado exitosamente en un dispositivo embebido Raspberry Pi actuando como un nodo de enrolamiento Wireless.

La propuesta del presente estudio es implementar un control de acceso para laboratorios en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, basado en la integración de diferentes sistemas embebidos como:

- Un sensor SecuGen Hamster Plus FDU03
- Un dispositivo Raspberry Pi.

El principal objetivo del sistema es el control de ingreso a laboratorios a través de la autenticación por medio de la huella dactilar. La aplicación de control fue desarrollada en Java y, es responsable de la administración de los sistemas embebidos. El sistema está compuesto por dos procesos definidos que comprenden su funcionamiento.

1. El proceso de enrolamiento que realiza la captura de la huella dactilar, a través del sensor SecuGen Hamster Plus, la huella es procesada mediante un algoritmo de extracción y encriptación de características SG400 y, es vinculada a una persona. La información biométrica generada y los datos personales de la persona son almacenados en un Gestor de Base de Datos en la nube, MemSQL.
2. El proceso de verificación comprende la captura de la huella dactilar de la persona, la hue-

lla es comparada con todos los datos biométricos almacenados en la nube mediante el algoritmo SG400. El resultado exitoso del proceso de verificación es la identificación de la persona,

autorizando su ingreso a un laboratorio a través de la comunicación del puerto GPIO del Raspberry Pi y el sistema electrónico de control de ingreso.

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN DE CONTROL PARA LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS EMBEBIDOS

3.1 Análisis

En la fase de análisis se determinó que el prototipo del sistema de control de acceso debe contar al menos con las siguientes funcionalidades.

- El sistema embebido debe permitir el registro de los datos biométricos de los usuarios.
- El sistema embebido debe autenticar al usuario a través de su huella dactilar y habilitar el ingreso al laboratorio.
- El sistema embebido debe almacenar la información de manera automática en la nube.
- El sistema embebido permitirá el ingreso a laboratorios exclusivamente al personal autorizado.
- El personal autorizado se definirá por el horario de uso de laboratorios y distributivos de trabajo.

3.2 Especificaciones Técnicas

Según la investigación ya mencionada de Jain, Maltony y Maio [5], se considera que el sistema de iden-

tificación por huellas dactilares es el que menor margen de error presenta.

Según Solsona y Sapes [13], el Raspberry Pi en el proceso de enrollamiento e identificación demostró un óptimo rendimiento.

Según Mansoor y Sowmiya [14], Bharadi y Shah [15], se demostró que Raspberry Pi puede integrarse a dispositivos analógicos e industriales.

Estas razones fueron determinantes al momento de seleccionar y validar la utilización del hardware y software para implementar el sistema propuesto.

3.3 Diseño

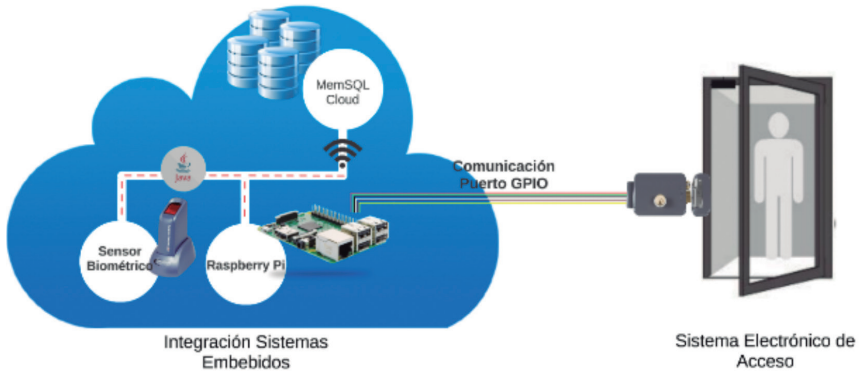
El sistema embebido IoT para el control de acceso a laboratorios propuesto consta de 2 módulos, descrito en figura 7:

- Integración de los sistemas embebidos SecuGen Hamster Plus y Raspberry Pi, administrados por una aplicación de control

desarrollada en Java y el almacenamiento de datos en la nube.

- Sistema electrónico para el control de acceso a laboratorios.

Figura 7. Esquema General Sistema IoT



Fuente: Autor.

Los sistemas embebidos SecuGen Hamster Plus, Raspberry Pi, así como la comunicación con el Gestor de Base de Datos en la nube convergen a través del Sistema Administración y Control. El desarrollo del sistema comprende 2 etapas:

3.3.1 Primera Etapa

Comprende la puesta a punto de cada uno de los sistemas individuales que comprende el Sistema Embebido IoT.

A. DISPOSITIVO EMBEBIDO RASPBERRY PI

Consta del proceso de instalación del SDK FDX Pro para Raspberry Pi, estas librerías brindarán un nivel de acceso para la administración y comunicación del sensor biométrico

SecuGen Hamster Plus FDU03 con el sistema operativo Raspbian.

B. GESTOR DE BASE DE DATOS EN LA NUBE

Los datos biométricos y la información personal de los usuarios serán almacenada en la nube, a través del Gestor de Base de Datos MemSQL. MemSQL es una plataforma de base de datos de análisis en tiempo real.

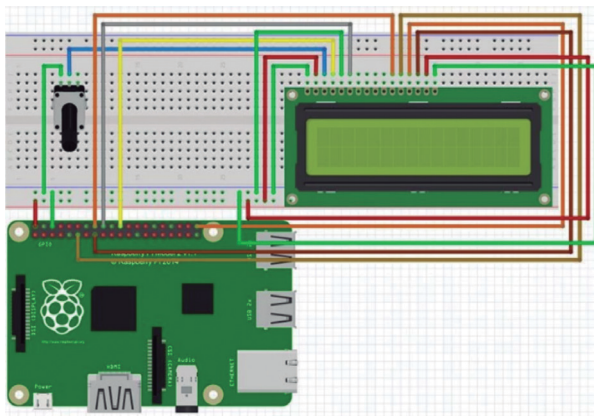
MemSQL tiene la capacidad de procesar grandes flujos de datos transaccionales y realiza un análisis de datos de forma simultánea, permitiendo de esta manera disponer de resultados en tiempo real y acceso inmediato a almacenes de datos históricos. La característica principal que le hace diferente es su velocidad de procesamiento debido a que:

- ## C. SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE ACCESO A LABORATORIOS

El sistema electrónico de control de acceso se encuentra compuesto por un dispositivo Raspberry Pi, una pantalla LCD de 16X2 y una cerradura eléctrica para el acceso a laboratorios.

Para la conexión de la pantalla LCD con el dispositivo Raspberry Pi, se procedió a conectar la LCD a los pines designados del puerto GPIO del Raspberry Pi para cada elemento, figura 8.

Figura 8. Conexión de la pantalla LCD con el dispositivo Raspberry Pi



Fuente: Autor.

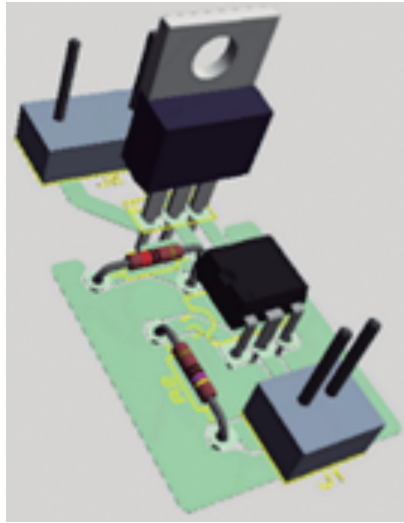
Para acoplar el circuito de voltaje DC a una carga alterna de potencia, en este caso una cerradura eléctrica, se diseñó un circuito de potencia que permite realizar el encendido y apagado de un circuito. El circuito de potencia está compuesto de un Triac de potencia en este caso el BT137 que

nos proporciona una tensión máxima de 500Vac y una corriente Máxima de 8Arms, y un MOC3010 opto-acoplador que cumple la función de manejar al triac y también de aislarlo ópticamente, es decir, el circuito lógico TTL esta físicamente aislado del circuito de potencia, de esta forma

se logra tener una mayor protección contra posibles sobre cargas o fallas. Para esta red es necesario un cálculo de complejidad media que dependerá del factor de potencia del motor. La red RC será: Capacitor de Poliéster de 10nF / 400V, y la resistencia será

de 390hms 2W. Si el factor de potencia es menor a 0.5 entonces debemos aumentar el valor de la resistencia unas diez veces aproximadamente. En la figura 9, se presenta el circuito de potencia simulado, para la realización de las pistas.

Figura 9. Vista en tercera dimensión del circuito de potencia

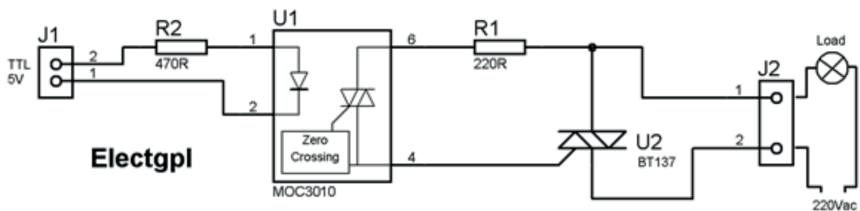


Fuente: Autor.

En la figura 10, se presenta el circuito implementado para el con-

trol de potencia de la carga resistiva mediante el acople del circuito.

Figura 10. Interfaz de potencia Obto-Triac



Fuente: Autor.

3.3.2 Segunda Etapa

El sistema de administración y control se encuentra integrado por dos aplicativos que fueron desarrollados en java:

- 1. Aplicación Web, comprende el proceso de enrolamiento o registro de los datos personales y huella dactilar del usuario.
- 2. Aplicación embebida para Raspberry Pi, comprende el proceso de verificación de la identidad del usuario.

A. FASE DE ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB

La Aplicación Web comprende el registro y almacenamiento de los datos del usuario en la nube, a través del siguiente proceso:

- Captura y obtención de la imagen
- Extracción de la plantilla
- Almacenamiento de los datos en el Gestor de Base de Datos en la nube.

A través del diagrama de casos de uso se muestran los distintos tipos de usuario que interactuarán con la Aplicación Web, figura 11.

Figura 11. Diagrama de Casos de Uso

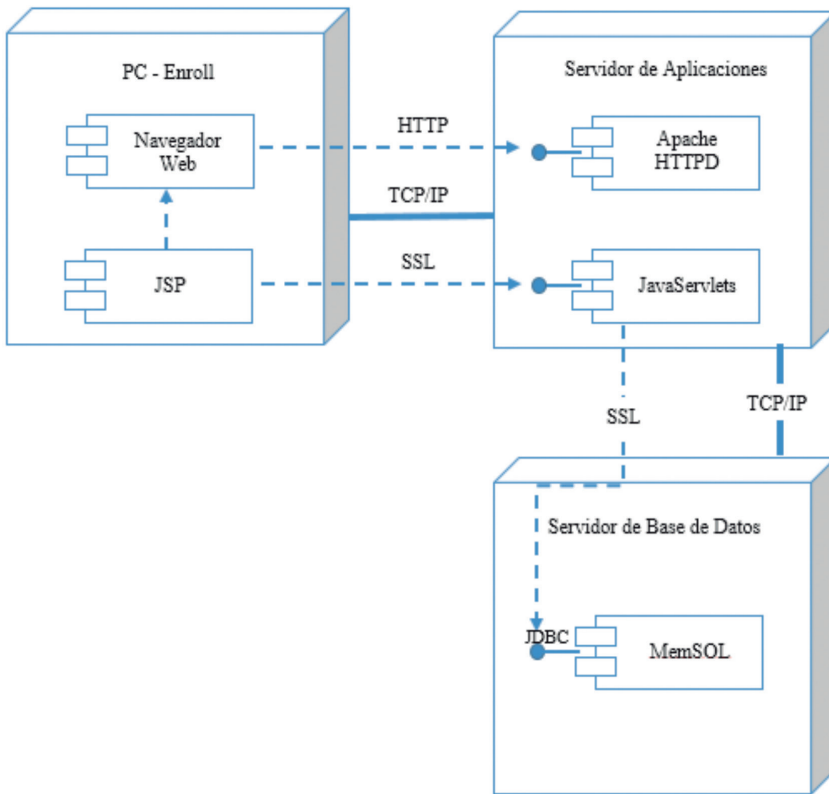


Fuente: Autor.

B. DISEÑO DE LA APLICACIÓN WEB

La estructura física de la Aplicación Web se encuentra representada

a través de un diagrama de distribución, figura 12.

Figura 12. Diagrama de Distribución

Fuente: Autor.

El proceso de captura y obtención de la imagen debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Calidad de la Huella.
- Posición de la Huella.

En la aplicación web, la calidad de la huella es un indicador que se

muestra por medio de un porcentaje que va de 0 a 100% dependiendo de la calidad de la imagen de la huella dactilar capturada por el sensor SecuGen Hamster Plus. En la figura 13 se muestra los indicadores de calidad de una huella capturada en la Aplicación Web.

Figura 13. Proceso de Enrolamiento

Enroll

Hamster

Iniciar

Led

Enroll

Cédula Docente

1802668606

Verificar

Nombre

NOGALES PORTERO RUBEN EDUARDO

Título

MG

Captura 1

Huella 1:

97%

Captura 2

Huella 2:

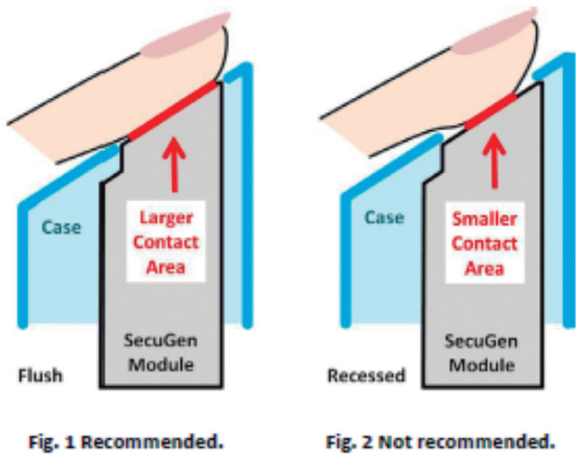
94%

Registrar

Fuente: Autor.

La posición en la que se captura la huella dactilar determinará su calidad, figura 14.

Figura 14. Posición recomendada para la captura de una Huella



Fuente: Case Design for Optimal Fingerprint Scanning and Optimal Auto-On Finger Detection [16].

Si la captura de la imagen es exitosa, se extraen las minucias de la huella dactilar y se genera su template,

La función `GetImageEx()` captura la imagen dactilar del dedo. La función `GetImageQuality()` evalúa la calidad de la imagen capturada.

El proceso de enrolamiento concluye realizando un Insert a la Base de Datos en la nube, se almacenará la cédula del usuario, y los datos biométricos de los dos template generados.

C. APLICACIÓN EMBEBIDA

La aplicación embebida cumple con el proceso de verificación del sistema de control. Se encuentra compuesta por dos procesos:

- Captura de la huella dactilar
- Verificación de la identidad el usuario.

El proceso de verificación es realizado a través de una función de emparejamiento, utilizando el algoritmo SG400. Se captura una nueva huella dactilar y se realiza una comparación con las plantillas almacenadas en el Gestor de Base de Datos en la nube. El proceso tiene como resultado la identificación del usuario, enviando un pulso eléctrico a través del puerto GPIO del Rasp-

berry Pi hacia el sistema electrónico de ingreso a laboratorios.

3.4 Pruebas y Validación

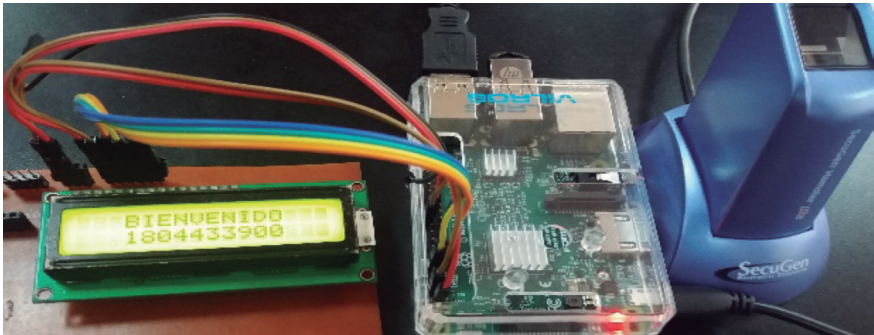
Para las pruebas se utilizó el método de caja negra, el cual nos permite verificar la funcionalidad de un sistema. Este método se aplicó a los procesos: enrolamiento, reconocimiento y verificación de la identidad del usuario.

Inicialmente el proceso de enrolamiento, descrito en figura 13, se dispuso de un sensor biométrico Adafruit ZFM-20 que no incluía librerías para el reconocimiento de hardware en sistemas operativos derivados de Linux. Se utilizó un sensor SecuGen HamsterPlus que incluía librerías con el cual se realizaron pruebas exitosas.

En el proceso de verificación de la identidad del usuario y acceso a laboratorios se realizaron 200 casos validando de esta manera el funcionamiento del sistema.

El sistema electrónico permite que el usuario conozca si su registro ha sido validado. En la pantalla LCD se despliega un mensaje «BIENVENIDO» seguido del número de cédula del usuario registrado, figura 15. Además, el sistema le permite el acceso al laboratorio.

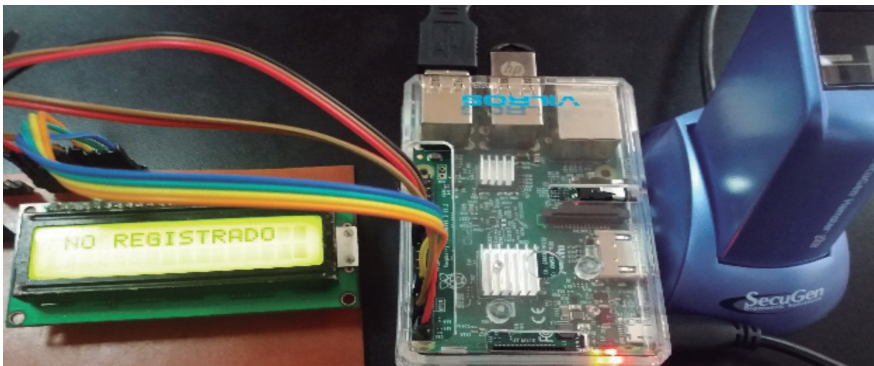
Figura 15. Mensaje de registro exitoso



Fuente: Autor.

Si el usuario no está registrado, entonces la pantalla mostrara el mensaje «NO REGISTRADO» impidiendo el acceso al laboratorio, figura 16.

Figura 16: Mensaje de usuario no registrado



Fuente: Autor.

4. CONCLUSIONES

El correcto desempeño del sistema comprende la validación de los usuarios a través del algoritmo SG400, el cual emplea los datos de la huella dactilar almacenados en la base de datos en la nube y los empareja con la nueva lectura del sensor SecuGen Hamster Plus. De esta

manera el proceso da como resultado el número de cédula del usuario que ha sido registrado previamente, caso contrario la validación de la lectura no es procesada.

Preservando la privacidad de los usuarios en el proceso de verificación de identidad se presentará el mensaje

“BIENVENIDO” seguido del nombre del usuario, ocultando de esta

manera sus datos personales como la cedula de identidad, figura 17.

Figura 17: Mensaje de usuario no registrado

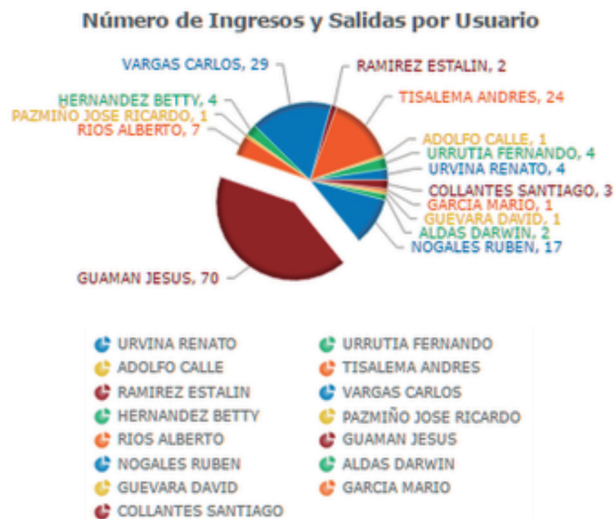


Fuente: Autor.

El sistema embebido permite gestionar la información de los usuarios a través de la aplicación web. Así

mismo, la aplicación web despliega reportes de los registros de ingreso y salida por usuario, figura 18.

Figura 18: Reporte de Ingresos y Salidas por Usuario

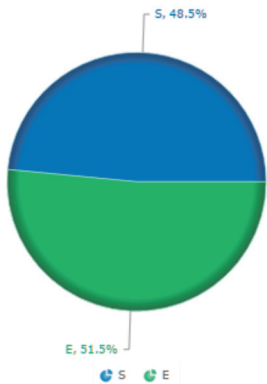


Fuente: Autor.

La aplicación web muestra el número de registros vinculado al número de cédula de un usuario en una hora determinada. El número de registros puede variar en función del tiempo.

En la figura 19, se presenta un reporte global del número de ingresos y salidas de todos los usuarios que han accedido a través del sistema embebido IoT en una hora determinada.

Figura 19: Reporte global de Ingresos y Salidas por Usuario

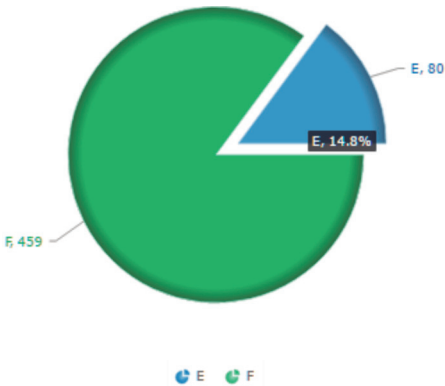


Fuente: Autor.

Finalmente, el administrador del sistema puede conocer el número de lecturas exitosas y fallidas en

función de un reporte visual que se despliega en la aplicación web, figura 20.

Figura 20: Reporte de Registros exitosos y fallidos.



Fuente: Autor.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Dirección de Investigación y Desarrollo, DIDE de la Universidad Técnica de Ambato por su especial apoyo en el desarrollo del proyecto

“Plataforma CloudIoT de Control y Monitoreo del uso de Equipamiento y Programas Informáticos en Aulas y Laboratorios”.

6. REFERENCIAS

- [1] J. Cortés, F. Medina, J. Muriel, “Sistemas de seguridad basados en biometría”. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, diciembre, 2010.
- [2] J. C. Hoyos, C. Madrigal, J. Ramirez, “Diseño de un sistema biométrico de identificación usando sensores capacitivos para huellas dactilares”. Universidad de Antioquia, octubre, 2008.
- [3] C. Yañez Luzmila Pro, J. C. Gonzales, “Tecnologías biométricas aplicadas a la seguridad en las organizaciones”. Universidad Politécnica de Madrid, Diciembre, 2009.
- [4] Y. Gao, “10 emerging technologies that will change your world”. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2014.
- [5] A. Jain D. Maltony, D. Maio, “Handbook of fingerprint recognition”, 2nd ed. 2009, XVI, 494 p., EEUU, 2009.
- [6] D. S. Zorita, “Reconocimiento automático mediante patrones biométricos de huellas dactilares”. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2003.
- [7] V. M. Zdenek Ríha, “Biometric authentication system”, 2000.
- [8] M. Arocha, L. Güette, “Diseño de un sistema inmótico mediante el uso del sistema embebido intel galileo”. Universidad de Caracas, Venezuela, mayo, 2016.
- [9] C. Ríos M. Vega, P. Vivas, “Las tecnologías iot dentro de la industria conectada 4.0”. España, noviembre, 2015.
- [10] C. Tipán, C. Acosta, “Implementación de una consola domótica residencial con control local y remoto a través del internet”. Escuela Politécnica Nacional, junio, 2015.
- [11] Marcelo V. García, “Implementación de sistemas empotrados de control distribuidos bajo el estandar iec-61499”. Universidad del País Vasco, 2014.
- [12] V. Kumar G. Senthilumar, K. Gopalakrishnan, “Embedded image capturing system using raspberry pi system”. International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS), Abril, 2014.
- [13] F. Solsona, J. Sapes, “Fingerscanner: Embedding a fingerprint scanner in a raspberry pi”. Department of Computer Science and INSPIRES, University of Lleida, Jaume II 69, Lleida 25001, España, Enero, 2015.
- [14] S. Mansoor J. Sowmiya U., “Raspberry pi based home door security throught 3g dongle”. International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 2, Abril, 2015.
- [15] V. Bharadi, D. Shah, “Iot based biometrics implementation on raspberry pi”. Thakur College of Engineeing and Technology, Mumbai, India, 2016.
- [16] SecuGen Corporation, “Case Design for Optimal Fingerprint Scanning and Optimal Auto-On Finger Detection”, 2011-2015.

Delimiting the Scope of the Metal-Mechanic Industry in Guayaquil

Delimitando el alcance de la industria metalmecánica de Guayaquil

*Pablo Alberto Pérez Gosende¹, Javier Antonio Carrera Jiménez²,
Jorge Fabricio Freire Morán³, María Elena Morales Navas⁴*

Abstract: Much importance has been given in Ecuador to the diversification and strengthening of its productive matrix. In this context, the metal-mechanic industry is particularly relevant as being considered a strategic sector. However, literature does not provide a clear definition of the industry scope. Consequently, past sectoral economic reports could not be adjusted to the Ecuadorian socioeconomic panorama. Confronting this, the economic activities that comprise metal-mechanic industry scope are identified in this work through a Delphi test. Then, an economical characterization of the industry in Guayaquil is made on the basis of selected economic variables. As a result, it was determined that 40 economic classes make up the metal-mechanic industry scope, and specifically Guayaquil, is established as an important stronghold of the industry nationwide.

Keywords: Ecuador; metal-mechanic industry; Delphi test; National Classification of Economic Activities.

Resumen: Mucha importancia ha adquirido en el Ecuador la diversificación y fortalecimiento de su matriz productiva, y en este contexto, la industria metalmecánica adquiere especial relevancia al ser considerada un sector estratégico. Sin embargo, la literatura no ofrece una delimitación clara del alcance de esta industria, y en consecuencia, los resultados económicos sectoriales pudieran no estar ajustados a la realidad socioeconómica. Frente a esto, este trabajo identifica las actividades económicas que conforman el sector metalmecánico mediante un test Delphi, y luego se caracteriza esta industria en Guayaquil a partir de variables económicas seleccionadas. Se determinó que 40 clases económicas conforman el alcance de la industria metalmecánica, y específicamente Guayaquil, se establece como un bastión importante de la industria a nivel nacional.

Palabras Clave: Ecuador; industria metalmecánica; método Delphi; Clasificación Nacional de Actividades Económicas.

-
- 1 Docente Investigador UPS, perteneciente al Grupo de Investigación Socio-Económica y Empresarial, GISEE, pperezg@ups.edu.ec, jcarreraj@ups.edu.ec
 - 2 Docente Investigador UPS, perteneciente al Grupo de Investigación Socio-Económica y Empresarial, GISEE.
 - 3 Docente Investigador UPS, Coordinador del Grupo de Investigación Socio-Económica y Empresarial, GISEE, jfreirem@ups.edu.ec, mmoralesn@ups.edu.ec
 - 4 Docente Investigador UPS, perteneciente al Grupo de Investigación Socio-Económica y Empresarial, GISEE.

1. INTRODUCCIÓN

La industria metalmecánica, para algunos autores, está constituida únicamente por aquellas empresas cuyos procesos productivos utilizan como insumos principales los productos de la siderurgia y sus derivados con el fin de diseñar y fabricar estructuras metálicas [1]. Otros autores le acotan la totalidad de las empresas destinadas a la producción y transformación de metales, sin restringir su alcance únicamente a aquellas que utilizan los productos de la siderurgia como materia prima [2]. Incluso, hay quienes incluyen como parte del sector aquellas organizaciones que brindan servicios de mantenimiento y reparación de estructuras y equipos mecánicos [3].

A pesar del cierto nivel de ambigüedad en su delimitación, lo que sí queda muy claro es que hoy en día la industria metalmecánica representa cerca de 16% del Producto Interno Bruto (PIB) industrial en América Latina y da empleo a 23.8 millones de personas en forma directa o indirecta [1].

El amplio alcance de esta industria la convierte en un eslabón fundamental en la matriz productiva de cada país, pues además de suministrar maquinarias e insumos

a otras industrias o actividades económicas, permite generar fuentes de empleo con un alto nivel de calificación. Además, la necesidad del sector por integrar las cadenas de valor y generar valor agregado da lugar a la transferencia de conocimientos e innovación. Estas consideraciones han hecho posible que el gobierno nacional reconozca en el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI), a la industria metalmecánica como un sector estratégico y prioritario para el desarrollo económico del Ecuador [2].

A pesar de su importancia, no existe en la literatura una definición clara del alcance de la industria metalmecánica, y las pocas investigaciones que han abordado esta temática no han especificado, a nivel de detalle, las actividades económicas que integran este sector de acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) de la Organización de Naciones Unidas [6]. De tal forma, el objetivo de este trabajo es, primeramente, delimitar el alcance de la industria metalmecánica de acuerdo al CIIU vigente y, en segundo lugar, caracterizar dicha industria en el contexto de la ciudad de Guayaquil.

2. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

La presente investigación es analítica descriptiva, ya que describe un conjunto de datos económicos y analiza sus posibles efectos sin arribar a inferencias causales o de asociación de variables. El objetivo fundamental del estudio es delimitar el alcance del sector metalmecánico o, en otras palabras, identificar y cuantificar las clases económicas que integran dicha industria sobre la base del CIIU Revisión 4.0 a cuatro dígitos. Para tal delimitación fue realizado un Test Delphi.

El Test Delphi utiliza un procedimiento sistemático cuyo objetivo es alcanzar el consenso entre un grupo de expertos [7]. Considérese un experto, una persona que tiene un conocimiento especial respecto a un tema específico [3]. El criterio clave para la selección de los expertos es el grado de conocimiento o nivel de experticia en la temática objeto de estudio [7], aunque según Martino (1993) otros criterios como la voluntad y la disponibilidad del candidato también revisten especial relevancia [8].

En la literatura científica no se especifica el número específico de expertos necesarios para la conducción de un test Delphi [9]; sin embargo, se reconoce que la cantidad mínima apropiada oscila entre siete u ocho [7].

Entre los diversos métodos para tomar decisiones no estructuradas sobre un sistema de variables, Pérez-Gosende y Diéguez-Matellán (2015) coinciden en considerar el método *Delphi* como útil y pertinente [10]. Otros autores, de manera general, defienden la utilidad del método cuando se necesita obtener información precisa que no está disponible o es costosa de obtener; cuando se requiere analizar o definir áreas donde existe considerable incertidumbre o falta de consenso y también para modelar un fenómeno del mundo real que implica disímiles puntos de vista y para el cual existe poca evidencia cuantitativa [7], [11], [12], [13]. Otra de las bondades del método es que no necesita reunir a todos los expertos en el mismo momento y lugar. Esto evita que primen criterios unipersonales o que la subjetividad de cada individuo pueda restar credibilidad y fiabilidad a la investigación.

Por cuestiones prácticas, teniendo en cuenta que este instrumento parte de la valoración subjetiva del grupo de expertos, en su selección se tuvo en cuenta las variables que se mencionan a continuación:

1. Experiencia en la producción y/o comercialización de productos manufacturados en metal: esta variable es fundamental, pues atribuye

una fuerte fiabilidad a los argumentos expuestos por cada experto.

2. Ocupación profesional actual: la idea de que determinados cargos y responsabilidades dentro de una empresa o entidad vinculada al sector metalmecánico, exigen un conocimiento particular y general de desarrollo de esta Industria en el territorio, debe ser considerada como una variable dominante en el proceso de selección.

La confiabilidad de los resultados de esta técnica fue obtenida a través de dos test estadísticos: la prueba de concordancia de Kendall y la prueba de Friedman.

Todo el análisis económico descriptivo posterior, es realizado to-

mando como datos de entrada los registrados en el Directorio de Empresas y Establecimientos [14], elaborado anualmente por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). La difusión de la información contenida en el DIEE se lleva a cabo a través del portal web del INEC entre el mes de octubre y noviembre de cada año [15]. De tal forma, para el análisis de la información económica relevante en este estudio, fue utilizado el DIEE correspondiente al año 2014, dado que, al momento actual, el registro correspondiente a 2015 se encuentra en desarrollo.

La información obtenida fue procesada mediante el paquete estadístico IBM® SPSS® Statistics, versión 22.

3. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la delimitación del alcance de la industria metalmecánica, y a continuación, se realiza una caracterización del sector metalmecánico de Guayaquil.

3.1 El alcance de la industria metalmecánica

Algunas investigaciones han intentado delimitar y caracterizar la industria metalmecánica de países como Portugal [16], Alemania [17], Bosnia y Herzegovina [18] y Latvia [19]; pero todas parten del análisis de

bases de datos preexistentes de organizaciones federativas o sindicales que no necesariamente incluyen la totalidad de las empresas de la industria. Por otra parte, ninguno de estos trabajos ha especificado a nivel de detalle las actividades económicas que integran este sector de acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) de la Organización de Naciones Unidas [6].

Con el objetivo de determinar el listado final de clases que conforman la Industria Metalmecánica, un

grupo de 18 expertos fue seleccionado y convidado a la realización de un test Delphi. Entre ellos, cinco son directivos de empresas metal-mecánicas privadas, cuatro colaboran en el Ministerio de Industrias y Productividad, tres en el Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad, dos son asesores de la Federación Ecuatoriana de Industrias del Metal y cuatro miembros de la Red Interinstitucional de Metalmecánica y Astilleros coordinada por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt). Los expertos fueron abordados vía correo electrónico y mostraron predisposición para realizar la actividad que se les solicitaba.

A los expertos se les presentó un cuestionario con una preselección de clases económicas (CIU Revisión 4.0, cuatro dígitos) de la sección C correspondiente a las industrias manufactureras. Solo una pregunta fue formulada en el cuestionario: ¿Considera usted que las siguientes actividades económicas forman parte de la Industria Metalmecánica? Luego de aplicada la segunda ronda del método y determinada la concordancia, se seleccionaron 40 categorías que de acuerdo al consenso de los expertos constituyen las clases económicas que definen el alcance de la Industria Metalmecánica. Tales clases son presentadas a continuación:

C2410: Industrias básicas de hierro y acero.

C2420: Fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos

C2431: Fundición de hierro y acero.

C2432: Fundición de metales no ferrosos.

C2511: Fabricación de productos metálicos para uso estructural.

C2512: Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal.

C2513: Fabricación de generadores de vapor, excepto calderas de agua caliente para calefacción central.

C2520: Fabricación de armas y municiones.

C2591: Forja, prensado, estampado y laminado de metales; pulvimetalurgia.

C2592: Tratamiento y revestimiento de metales; maquinado.

C2593: Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería.

C2599: Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.

C2710: Fabricación de motores, generadores, transformadores eléctricos y aparatos de distribución y control de la energía eléctrica.

C2732: Fabricación de otros hilos y cables eléctricos.

C2750: Fabricación de aparatos de uso doméstico.

C2811: Fabricación de motores y turbinas, excepto motores para aeronaves, vehículos automotores y motocicletas.

C2812: Fabricación de equipo de propulsión de fluidos.

C2813: Fabricación de otras bombas, compresores, grifos y válvulas.

C2814: Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión.

C2815: Fabricación de hornos y quemadores.

C2816: Fabricación de equipo de elevación y manipulación.

C2818: Fabricación de herramientas de mano motorizadas.

C2819: Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso general.

C2821: Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal.

C2822: Fabricación de maquinaria para la conformación de metales y de máquinas herramienta.

C2823: Fabricación de maquinaria metalúrgica.

C2824: Fabricación de maquinaria para la explotación de minas

y canteras y para obras de construcción.

C2825: Fabricación de maquinaria para la elaboración de alimentos, bebidas y tabaco.

C2826: Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros.

C2829: Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso especial.

C2910: Fabricación de vehículos automotores.

C2920: Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques.

C2930: Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores.

C3011: Construcción de buques y estructuras flotantes.

C3020: Fabricación de locomotoras y material rodante.

C3030: Fabricación de aeronaves y naves espaciales y maquinaria conexas.

C3040: Fabricación de vehículos militares de combate.

C3091: Fabricación de motocicletas.

C3092: Fabricación de bicicletas y de sillas de ruedas para inválidos.

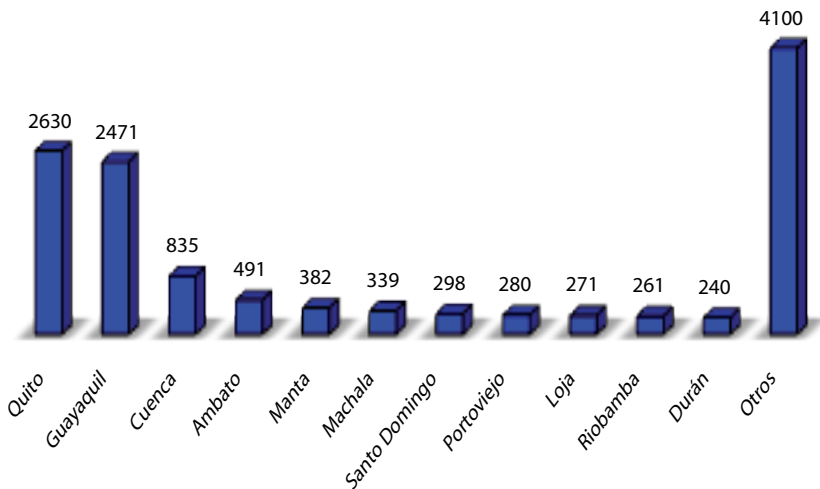
C3099: Fabricación de otros tipos de equipo de transporte n.c.p.

La confiabilidad de los resultados obtenidos mediante el método *Delphi* se obtuvo a través de la prueba de Friedman y la prueba de concordancia de Kendall. En el caso de la primera, el estadístico de prueba fue inferior a 0.05 por lo que se asegura con un 95% de confianza que las 40 categorías (clases) no tienen la misma importancia, condición necesaria y suficiente para demostrar la validez del test *Delphi*. El coeficiente de Kendall, por su parte, presenta un valor de 0.825, por lo que puede afirmarse que existe una concordancia no casual entre los expertos, lo cual asegura la confiabilidad de los resultados de la prueba.

3.2 Caracterización del sector metal-mecánico de Guayaquil

Una vez definido el alcance de la industria metalmecánica, la base de datos del DIEE fue segmentada para discriminar los datos pertenecientes a este sector de las demás actividades económicas. Esta depuración de los datos, permitiría acometer el segundo propósito de este estudio, que es caracterizar la industria metalmecánica en el contexto de la ciudad de Guayaquil. El análisis de esta base de datos y su procesamiento mediante el paquete estadístico IBM® SPSS® Statistics (versión 22), permitió desarrollar tal caracterización, y sus resultados son presentados a lo largo de esta sección.

Figura 1. Cantidad de empresas metalmecánicas por provincia. Ecuador, 2014

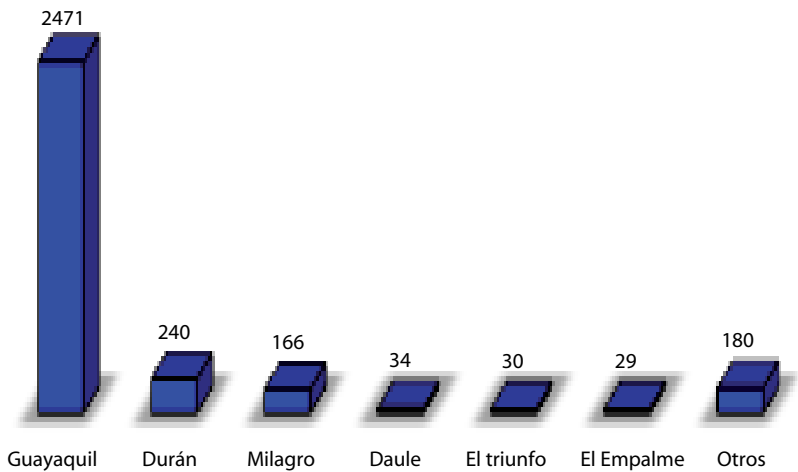


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [15].

La Figura 1 muestra el total de empresas metalmecánicas que existían por cada provincia a inicios de 2015 en el Ecuador. De ahí puede observarse que el conglomerado de empresas metalmecánicas del Ecuador está compuesto por 12,598 empresas. La

mayor cantidad de estas se encuentran distribuidas en las provincias de Guayas (25%), Pichincha (23.4%), Manabí (8.1%), Azuay (7.5%), El Oro (5.1%) y Tungurahua (4.6%). En total estas provincias abarcan el 73.6% del sector a nivel nacional.

Figura 2. Distribución geográfica de las empresas metalmecánicas en la provincia Guayas, 2014

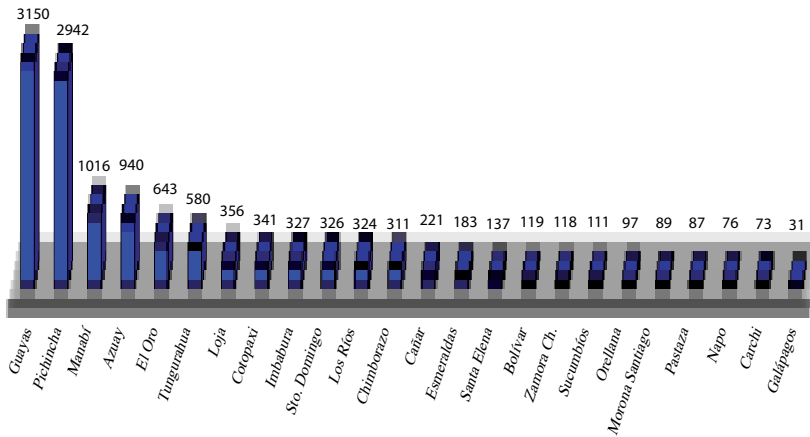


Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

La figura 2 muestra la distribución geográfica de las empresas metalmecánicas del sector en la provincia del Guayas, que es la que tiene el mayor conglomerado de empresas de esta industria en el país. Como puede observarse la ciudad de Gua-

yaquil destaca como el cantón de la provincia con mayor cantidad de empresas (78.4%). Destacan también, en orden descendente, el cantón Durán (7.6%) y Milagro (5.3%). Sin embargo, a nivel nacional no es el cantón Guayaquil el más grande.

Figura 3. Distribución geográfica de las empresas metalmecánicas por cantón. Ecuador, 2014

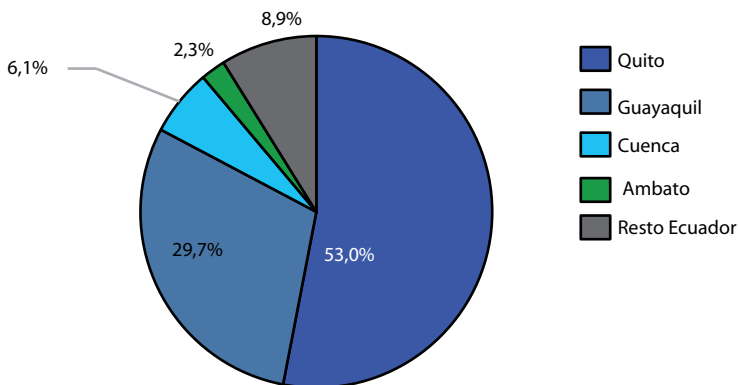


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

La Figura 3 permite observar que el cantón Quito, en la provincia de Pichincha, ocupa el primer lugar a nivel nacional en cuanto al tamaño de su industria metalmecánica. Sus

2,630 empresas, en total representan el 20.9% de toda la industria a nivel nacional, mientras Guayaquil concentra el 19.6%.

Figura 4. Ventas netas del sector metalmecánico en cantones seleccionados. Ecuador, 2014

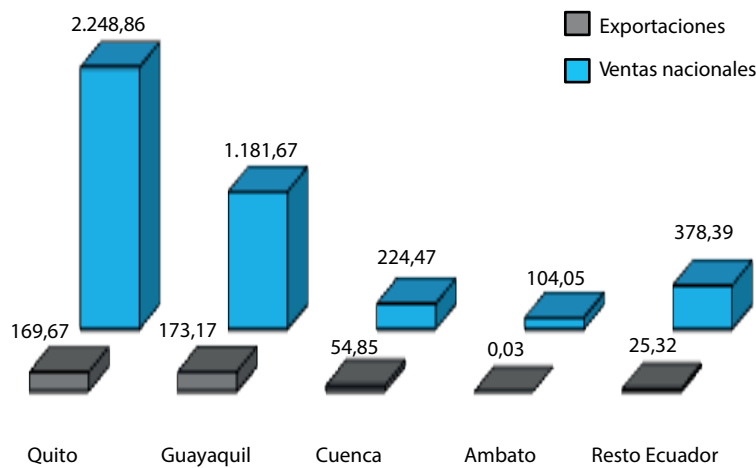


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

La Figura 4 muestra que el cantón Quito abarcó más de la mitad de las ventas netas anuales de productos metalmecánicos en todo el país con el 53%. Guayaquil se destaca con el 29.7% de todas las ventas totales anuales, Cuenca el 6.1% y

Ambato el 2.3%. Puede afirmarse que el bastión de la Industria Metal-mecánica ecuatoriana se encuentra en estas cuatro ciudades, pues en total, abarcaron el 91.1% de las ventas netas anuales del sector a nivel nacional.

Figura 5. Ventas internas y exportaciones (en millones de USD) de la industria metalmecánica en cantones seleccionados. Ecuador, 2014

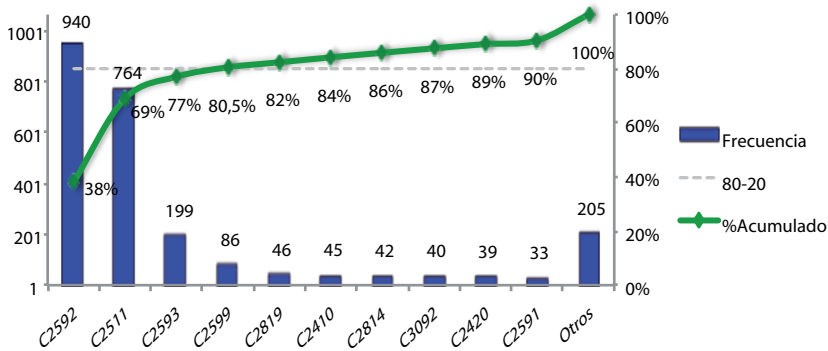


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

Como era de suponer, Quito, que concentra la mayor cantidad de empresas metalmecánicas del país, lideró en 2014 las ventas al mercado nacional, ocupando una cuota de mercado del 54.4%. Sin embargo, la industria guayaquileña, que cubrió únicamente el 28.6% del mercado nacional, fue quien lideró las exportaciones con el 40.9%, tal como se deduce de la Figura 5. En con-

traste, Quito ocupó el 40.1% de las exportaciones metalmecánicas del Ecuador durante 2014. Lo anterior podría sugerir que las industrias de estas dos ciudades tienen un nivel de competitividad internacional similar. Aunque realmente las exportaciones anuales no necesariamente son el único factor a considerar al juzgar el nivel de competitividad de un sector industrial.

Figura 6. Clases económicas con mayor concentración de empresas. Guayaquil, 2014

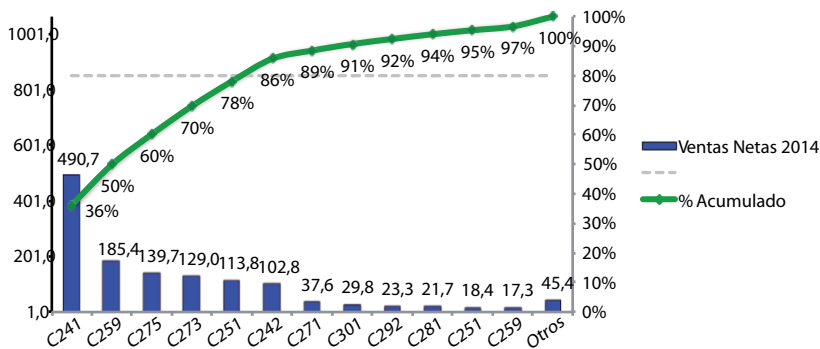


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

El diagrama de Pareto de la figura 6, muestra las clases económicas con mayor concentración de empresas en Guayaquil, de acuerdo al CIIU Revisión 4.0 a cuatro dígitos. De aquí se deduce que el 81.5% del sector metalmeccánico guayaquileño está concentrado entre aquellas empresas cuya producción funda-

mental está relacionada con el tratamiento y revestimiento de metales y maquinado (C2592); la fabricación de productos metálicos para uso estructural (C2511); la fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería (C2593); y la fabricación de otros productos de metal n. c. p. (C2599).

Figura 7. Clases económicas con mayores ventas netas (expresadas en millones de USD). Guayaquil, 2014

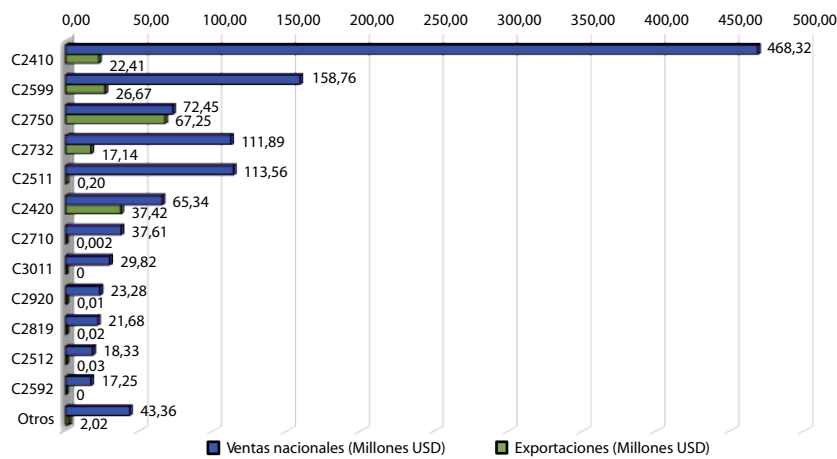


Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

La Figura 7 representa un Diagrama de Pareto relacionando las Ventas netas durante 2014 por cada clase y su porcentaje acumulado. Aquí puede observarse que las clases que generan el 86% de todas las ventas totales del Sector Metalmecánico en Guayaquil son las Industrias básicas de hierro y

acero (C2410); las relacionadas con la fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p. (C2599); aparatos de uso doméstico (C2750); otros hilos y cables eléctricos (C2732); productos metálicos para uso estructural (C2511); y productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos (C2420).

Figura 8. Clases económicas con mayores ventas internas y exportaciones (en millones de USD). Guayaquil, 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

Las ventas netas por cada clase dentro de la Industria metalmecánica pueden desagregarse en ventas al mercado nacional y exportaciones. Tal información expresada en millones de USD, respecto al año 2014, es representada en la figura 8. Como puede observarse, los mayores niveles de ventas al mercado nacional corresponden a las industrias básicas de hierro y acero (C2410) con

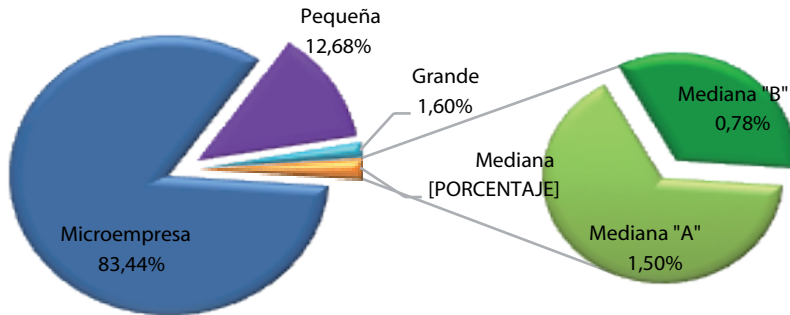
el 39.63%. En segundo lugar, se encuentran las empresas que fabrican otros productos elaborados de metal n.c.p. (C2599) con el 13.44%. Sin embargo, ninguna de estas clases son las que más exportan. Los mayores niveles de exportaciones de la Industria Metalmecánica de Guayaquil lo ocupan las empresas que producen aparatos de uso doméstico (C2750) con el 38.84%, seguidos por las or-

ganizaciones que manufacturan productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos (C2420), con el 21.61%.

La metodología del Directorio de Empresas y Establecimientos (DIEE) clasifica las empresas del Ecuador en cuatro categorías: Microempresa, Pequeña empresa, Mediana empresa “A”, Mediana empresa “B” y Gran

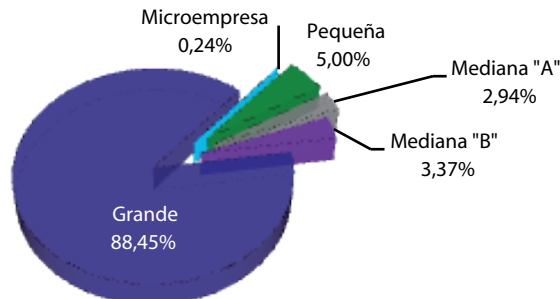
empresa [15]. Los criterios utilizados para esta clasificación se presentan en la Tabla 1. Nótese que la categoría mediana empresa “A” y “B” es una sub-clasificación interna del INEC. Es importante señalar que de acuerdo a la metodología del DIEE, el primer criterio para determinar el tamaño de una empresa son las ventas y en segundo lugar el personal ocupado [15].

Figura 9. Tamaño de las empresas que conforman el sector metalmecánico. Guayaquil, 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología de clasificación de empresas del DIEE según su tamaño [15] y la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

Figura 10. Participación de las empresas según su tamaño, en las ventas netas del sector metalmecánico. Guayaquil, 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología de clasificación de empresas del DIEE según su tamaño [15] y la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

La Figura 9 muestra la proporción de las empresas que conforman el sector metalmecánico guayaquileño según su tamaño. De aquí se desprende que la mayoría de las empresas del sector, o específicamente el 96.12%, son microempresas y pequeñas empresas. Las grandes empresas tienen menor representación

en esta industria, con solo el 1.60%. Sin embargo, son estas últimas, de acuerdo a la Figura 10, las que ocuparon rotundamente los mayores niveles de ventas netas durante 2014 con el 88.45%. Las microempresas solo generaron durante 2014 el 0.24% de las ventas netas de todo el sector.

Tabla 1. Clasificación de las empresas ecuatorianas según su tamaño

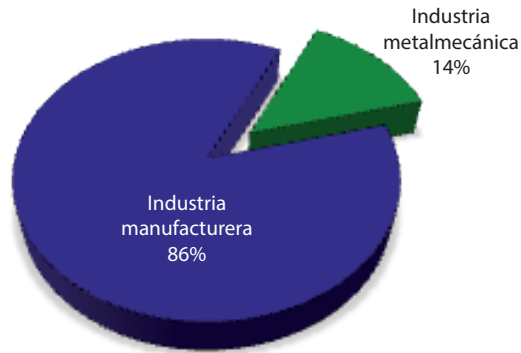
Clasificación de las empresas	Volúmenes de ventas anuales	Personal ocupado
Microempresa	Menor a 100,000	1 a 9
Pequeña empresa	100,001 a 1,000,000	10 a 49
Mediana empresa "A"	1,000,001 a 2,000,000	50 a 99
Mediana empresa "B"	2,000,001 a 5,000,000	100 a 199
Grande empresa	5,000,001 en adelante	200 en adelante

Fuente: [15]

En cuanto al comportamiento de las ventas al mercado nacional y las exportaciones por tipo de empresa, debe resaltarse que el 99.25% de las exportaciones del sector metalmecánico de Guayaquil proviene de grandes empresas. No obstante, estas solo representan el 1.6% de todas las empresas que conforman el sector. En el extremo opuesto están las microempresas, que hasta 2014 no tenían exportaciones, ocupaban solo el 0.27% de las ventas al mercado nacional y representaban el 83.44% del total de empresas del sector.

El Gobierno nacional, en aras de cumplir con el objetivo 10 del PNBV, podría estimular estas microempresas asignándole mayores facilidades para su crecimiento: reducción del impuesto a la renta y el impuesto al valor agregado, facilidades para la obtención de créditos financieros blandos, facilidades para la transferencia de tecnología y para la capacitación de la fuerza de trabajo, etc. Estas medidas, de implementarse, podrían en el mediano o largo plazo, fortalecer el sector metalmecánico de la región y mejorar el aporte de estas empresas a la economía nacional.

Figura 11. Empleabilidad de la Industria Metalmecánica respecto al total de industrias manufactureras. Guayaquil, 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de empresas del DIEE (2015) [14].

La Figura 11 muestra el número de empleos que aporta la Industria Metalmecánica de Guayaquil respecto al total de empleos que aportan la totalidad de las empresas manufactureras de la misma región. Como puede observarse, el 14% de todo el capital humano empleado en las industrias manufactureras de Guayaquil corresponde a la Industria Metalmecánica, lo que muestra el alto peso que tiene dicho sector en el mercado laboral del cantón. El número total de empleados aquí considerado corresponde a la cantidad reportada por las empresas al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) durante noviembre de 2014. En aquellas empresas de las que no se dispone esta información se tomó el último dato mensual de empleo registrado en el año.

La evolución del total de empleados promedio anual para las

clases económicas más importantes del sector metalmecánico de Guayaquil desde el 2010 hasta el 2014, es representada en la Figura 12. Tales valores fueron obtenidos mediante la siguiente relación matemática:

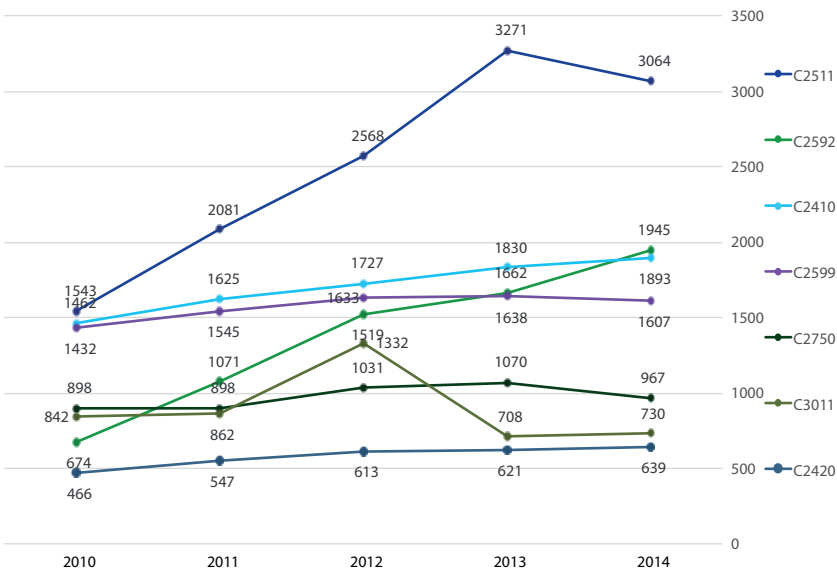
$$TE_k = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m E_{ij} \right) \quad (1)$$

TE_k representa el total de empleados promedio anual de las n empresas clasificadas dentro de la clase k . E_{ij} hace referencia al número de empleados que laboraron en la empresa i en el mes j , y m simboliza el total de meses en que la empresa i empleó personal durante el año calendario.

Este indicador tiene como desventaja que da el mismo peso tanto a las empresas que reportaron uno o algunos meses de afiliación (empresas de temporada) como a aquellas

que disponen de personal durante todo el año. Sin embargo, el TE_k que se presenta en este trabajo puede considerarse una buena referencia para medir el empleo agregado para cada clase.

Figura 12. Serie histórica del total de empleados promedio anual (TE_k), para algunas de las clases económicas más importantes del sector metalmecánico. Guayaquil, 2010-2014



Fuente: Elaboración propia a partir de la Ecuación 1 y la información sobre empleabilidad incluida en el DIEE (2015) [14].

De la Figura 12 se deduce que la clase económica del sector que más aporta a la empleabilidad del mercado de trabajo es la que acoge a las empresas que fabrican productos metálicos para uso estructural (C2511). De hecho, esta clase empleó al 21.4% del total de empleados de la Industria Metalmeccánica durante 2014, y desde 2010 a 2013 mostró un crecimiento promedio sostenido de alrededor

del 28.55%. Lamentablemente, en 2014 la cantidad de empleados en esta clase se redujo en un 6.33% respecto al año anterior como consecuencia de la contracción económica de ese período.

La segunda clase económica dentro del sector metalmeccánico que más empleos generó durante el quinquenio 2010-2014 fue la de las Industrias básicas de hierro y acero (C2410). No obstante, el mayor cre-

cimiento porcentual promedio anual entre 2010 y 2014 correspondió a aquellas empresas cuya producción fundamental está relacionada con el tratamiento y revestimiento de metales y maquinado (C2592) con un 34%. El resto de clases, como pue-

de observarse en la misma figura, han tenido un crecimiento discreto, excepto las empresas constructoras de buques y estructuras flotantes (C3011) que al término de 2014 habían disminuido su personal en un 13.3% respecto a 2010.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Esta investigación buscó delimitar el alcance del sector metalmecánico y caracterizarlo en el contexto de la ciudad de Guayaquil. Un grupo de 18 expertos, identificaron que 40 clases económicas (categorías codificadas con cuatro dígitos de acuerdo al CIIU Revisión 4.0 [20]) conforman el alcance del sector. De acuerdo a esta delimitación, se concluye de forma general que la industria metalmecánica incluye a todas aquellas empresas que manufacturan y/o transforman metales y sus aleaciones para la producción de utillaje, artículos metálicos de diverso tipo, cables, herramientas, equipos eléctricos y no eléctricos, maquinaria y equipos de transporte automotor. No se incluye dentro de la industria, a criterio de los expertos que colaboraron en esta investigación, a las empresas que producen artículos de informática, electrónica y óptica (división C26 del CIIU Revisión 4.0), que fabrican muebles (división C31), o aquellas que reparan e instalan maquinaria y equipos (división C33).

En Ecuador, el 48,4% de las empresas metalmecánicas se encuentran localizadas en las provincias de Guayas y Pichincha. Específicamente Quito y Guayaquil son los cantones con mayor presencia de empresas del ramo a nivel nacional, con el 20.9% y el 19.6% respectivamente.

La industria guayaquileña se establece como un puntal importante para toda la industria a nivel nacional al ser la segunda más importante (después de Quito) en cuanto a ventas netas (29.7%), y la primera a nivel nacional en orden de importancia respecto al total de exportaciones (40.9%).

El 2.9% de todas las exportaciones manufactureras ecuatorianas fue aportado por la industria metalmecánica de Guayaquil durante 2014, lo que representó a su vez, el 0.69% de todas las exportaciones del Ecuador. También durante 2014, entre todas las empresas de manufactura del cantón Guayaquil, el sector metalmecánico facturó el 16.41% de las ventas al mercado

nacional, y tuvo un peso del 8.26% en las exportaciones.

El sector metalmecánico de Guayaquil está conformado principalmente por micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes). Solo el 1.6% corresponde a empresas grandes. No obstante, son estas últimas las que ocuparon durante 2014 el 88.45% de las ventas netas del sector, y específicamente el 99.25% de las exportaciones.

La clase económica que concentra el mayor número de empresas metalmecánicas en Guayaquil, corresponde al Tratamiento y revestimiento de metales y maquinado (C2592). La clase que más aporta a la empleabilidad del mercado de tra-

bajo es la que acoge a las empresas que fabrican productos metálicos para uso estructural (C2511). Los mayores niveles de exportaciones lo ocupan las empresas que producen aparatos de uso doméstico (C2750). No obstante, fueron las Industrias básicas de hierro y acero (clase C2410) las que durante 2014 tuvieron mayores ventas netas y mayores niveles de productividad del trabajo.

Lamentablemente, no fue posible en esta investigación determinar el posicionamiento de las empresas del sector en cuanto a sus ventas nacionales o sus exportaciones, pues el DIEE no incluye nombres de empresas, dando cumplimiento al artículo 21 de la Ley de Estadísticas [21].

5. REFERENCIAS

- [1] F. Maldonado and G. Proaño, "Zoom al sector metalmecánico," *Ekos*, no. 252, p. 151, 2015.
- [2] C. Ferreira, O. L. Gonçalves, S. L. Braga, and M. Jasmin, "Guidelines for the Career Management of Young Leaders: The Case Study of the Metalworking Industry in the Southeastern of Brazil," *J. Bus. Hum. Resour. Manag.*, vol. 2, no. 8, pp. 1–13, 2016.
- [3] J. Ferrer, J. L. Vázquez, C. Clemenza, and R. Pérez, "Gestión de calidad y su dimensión ético competitiva en la pequeña y mediana empresa metalmecánica de la región zuliana," *Rev. Venez. Gerenc.*, vol. 7, no. 17, 2002.
- [4] V. Alcántara, "20 años de la industria metalmecánica en América Latina," *Metalmecánica*, vol. 20, no. 4, México D. F., p. 58, Aug-2015.
- [5] Asamblea Nacional del Ecuador, Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. Ecuador: Registro Oficial, 2010, p. 56.
- [6] Organización de Naciones Unidas, "Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) Revisión 4.0," Nueva York, 2009.
- [7] A. Sourani and M. Sohail, "The Delphi method: Review and use in construction management research," *Int. J. Constr. Educ. Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 54–76, 2015.
- [8] J. P. Martino, *Technological forecasting for decision making*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1993.

- [9] J. E. Weidman, K. R. Miller, J. P. Christofferson, and J. S. Newitt, "Best practices for dealing with price volatility in commercial construction," *Int. J. Constr. Educ. Res.*, vol. 7, no. 4, pp. 276–293, 2011.
- [10] P. A. Pérez-Gosende and E. L. Diéguez-Matellán, "Segmentación de consumidores de servicios de buceo recreativo en un destino turístico," *Yachana Rev. Científica*, vol. 4, no. 1, pp. 49–61, 2015.
- [11] R. Bendana, A. del Cano, and M. Pilar de la Cruz, "Contractor selection: fuzzy-control approach," *Can. J. Civ. Eng.*, vol. 35, no. 5, pp. 473–486, 2008.
- [12] J. F. Yeung, A. P. Chan, and D. W. Chan, "Developing a performance index for relationship-based construction projects in Australia: Delphi study," *J. Manag. Eng.*, vol. 25, no. 2, pp. 59–68, 2009.
- [13] G. Lucko and E. M. Rojas, "Research validation: Challenges and opportunities in the construction domain," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 136, no. 1, pp. 127–135, 2009.
- [14] Instituto Nacional de Estadística y Censos. Directorio de Empresas y Establecimientos, 2015. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/directoriodeempresas>
- [15] L. Trujillo, S. Changoluisa, and B. Solano, "Metodología Directorio de Empresas y Establecimientos 2015," Quito, Ecuador, 2015.
- [16] R. Pinto and C. Dominguez, "Characterization of the practice of project management in 30 Portuguese metalworking companies," *Procedia Technol.*, vol. 5, pp. 83–92, 2012.
- [17] R. Bispinck and H. Dribbusch, "Collective bargaining, decentralisation and crisis management in the German metalworking industries since 1990," *WSI-Diskussionspapier*, Düsseldorf, Germany, 2011.
- [18] V. K. Spasojević-Brkić, Z. A. Veljković, T. Golubović, S. Omić, and A. Đ. Brkić, "Bosnia and Herzegovina's metalworking industry companies barriers to export to EU market," *J. Eng. Manag. Compet.*, vol. 4, no. 2, pp. 78–84, 2014.
- [19] J. Priede and R. Skapars, "Quality competitiveness of Latvia's metal industry in the iron and steel product groups," *Econ. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 202–208, 2012.
- [20] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, "Clasificación nacional de actividades económicas (CIIU Revisión 4.0)," Quito, Ecuador, 2012.
- [21] Consejo Supremo de Gobierno, Ley de Estadísticas. Ecuador: Registro Oficial (Suplemento 82, 7 de mayo de 1976), 1976, p. 10.

Adaptative Flow Control an Embedded System Applied to a Semi-Industrial Plant

(Control adaptativo de flujo en un sistema embebido,
aplicado a un planta semi-industrial)

Nino Vega¹, Pablo Parra², Byron Romero³, Daniel Martillo⁴

Abstract: The embedded systems are an alternative to lower costs in implementing modern control system. In this paper we present the results obtained by applying a predictive control strategy on a flow variable., thus proving the benefits offered by embedded industrial control line cards. In the development of an industrial semi project plant, which, you get the nonlinear mathematical model, based on 69 points of operation, this model is constructed using the parameters in the controller base is obtained tool Matlab / Simulink. System behavior simulation is analyzed with and without disturbances and compares it to the actual operation of the system, the results can be seen in the different sections of this article..

Keywords: Adaptive Control, Embedded Systems, Modeling, Modern Control.

Resumen: Los sistemas embebidos constituyen una alternativa para bajar los costos en la implementación de sistema de control moderno. En este trabajo se implementa un control Adaptativo con la variable caudal, se prueba las bondades que ofrecen los sistemas embebidos, en la línea del control industrial. En el desarrollo del proyecto se construye una planta semi- industrial, a la que se le obtiene el modelo matemático no lineal, utilizando 69 puntos de operación, con este modelo, se obtiene los parámetros que usa el controlador con la plataforma Matlab/ Simulink. Se analiza el comportamiento del sistema en simulación con y sin perturbaciones y se lo compara con el funcionamiento real del sistema, los resultados se los puede observar en las diferentes apartados de este artículo.

Palabras Clave: Control Moderno, Control adaptativo, Modelado, Sistemas Embebidos.

-
- 1 Nino Vega U., Grupo de Investigación de Procesos Industriales de la Universidad Politécnica Salesiana, nvega@ups.edu.ec
 - 2 Pablo Parra Rosero, Grupo de Investigación de Procesos Industriales de la Universidad Politécnica Salesiana, pparra@ups.edu.ec
 - 3 Byron Romero, es investigador de la Universidad Estatal de Milagro, bromeror@unemi.edu.ec
 - 4 Daniel Martillo, Grupo de Investigación de Procesos Industriales de la Universidad Estatal de Milagro, dhmartillo@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología constituye una herramienta fundamental para mejorar el desarrollo de una nación, en los últimos tiempos, la velocidad de producción científica en esta línea es más rápida que la velocidad para actualizar los conocimientos, por tal motivo los países deben invertir en mejorar la transferencia de tecnología, caso contrario están expuestos a la pérdida de competitividad productiva, esta transferencia debe ser en conocimiento ya sea por entrenamiento o educación [1], [2]. Para las naciones en vías de desarrollo es fundamental que se realice la transferencia de tecnología en un corto tiempo, los nuevos sistemas embebidos del mercado constituyen una oportunidad para desarrollar técnicas de control industrial moderno y a bajo costo.

La presente investigación da una respuesta en la prueba del funcionamiento de controladores modernos, como el control adaptativo de ganancias programadas (CAGP) [3], en un sistema embebido.

La evolución de esta investigación permitirá determinar si el control adaptativo debe aplicarse en un sistema embebido, también mejorará los costos en la producción de equipos, ya que usa una tecnología de software libre y hardware económicos.

El controlador CAGP surge en el año 1950 luego entre los años 1970 hasta el año 2011 se implementaron estos controladores sobre plataformas que necesitaban de un computador y tarjetas de adquisición de datos, lo que hacía costosa la implementación de este sistema de control [4], en lo que respecta a la implementación de controladores de flujo, en el año 2014 en Gascuña en Francia se realiza el control de flujo del agua que se toma de un río, la técnica que se utiliza es la LPV y utiliza un predictor de Smith para controlar el retardo[5].

En el departamento de ingeniería electrónica de la Universidad de Tecnología PETRONAS se realiza un control adaptativo PID utilizan los parámetros del controlador Fuzzy para actualizar los parámetros del PID de cada iteración del controlador [6], en University huaxi district, Guiyang City, Guizhou Province, China se realiza un control Expert PID utilizando para la implantación del controlar de flujo un PLC S7-1500. Obteniéndose buenos resultados [7], en el año 2016 en el Institute of Technology Calicut, Kerala, India Se diseña un controlador de flujo de aire para ayudar a superar la orthosis a bajo costo, el controlador PID está diseñado y programado en un microcontrolador ATmega328

[8], en el año 2015 se realiza un control fraccional PID de la planta compacta MPS® PA de la FESTO los resultados son satisfactorio [9].

Se desarrolla un control PID-NN en el 2014, el rendimiento del controlador fue probado en el simulador simulink de Matlab el mismo que prueba que esta estrategia mejora la velocidad y robustez respuesta del sistema [10], en la Universiti Teknologi PETRONAS se realiza un controlador MPC utilizando la herramienta de simulink el mismo que es probado en una planta piloto [11].

En el año 2013 University of Science and Technology, Shijiazhuang, China se realiza un Control Fuzzy en la producción de ácido-cloracético la robustez del sistema se lo prueba en simulación [12]. En la es-

cuela de ingeniería eléctrica y electrónica de la Engineering SASTRA University, Thanjavur se presenta el diseño y simulación de un control de temperatura de un tanque se lo realiza con el control del caudal del entrada al tanque para el controlador fuzzy [13].

En la Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia España) se analiza la aplicación del control PID auto-ajutable (Self-Tuning,ST) a la tarea de control de flujo de un líquido suministrado mediante una bomba centrífuga de velocidad variable[14]. En el año 2014 en el Instituto de Ingeniería Química de la Universidad de San Juan se realiza el control del caudal por medio de Visión Artificial a un sistema de obtención del carbono activado, en el que se utilizó como controlador un PIC [15].

2. DESCRIPCIÓN PLANTA SEMI-INDUSTRIAL

La planta consta de dos tanques contruidos en acero inoxidable, uno utilizado como reservorio, y el otro, donde se puede realizar control de nivel (tanque de control), ver figura 1.

El sistema tiene 5 válvulas (V_1 a V_5) con las cuales se realizan las calibraciones y se simulan las perturbaciones en el sistema. El dispositivo que permite hacer la circula-

ción del líquido es una bomba Flojet de 12 V DC de velocidad variable.

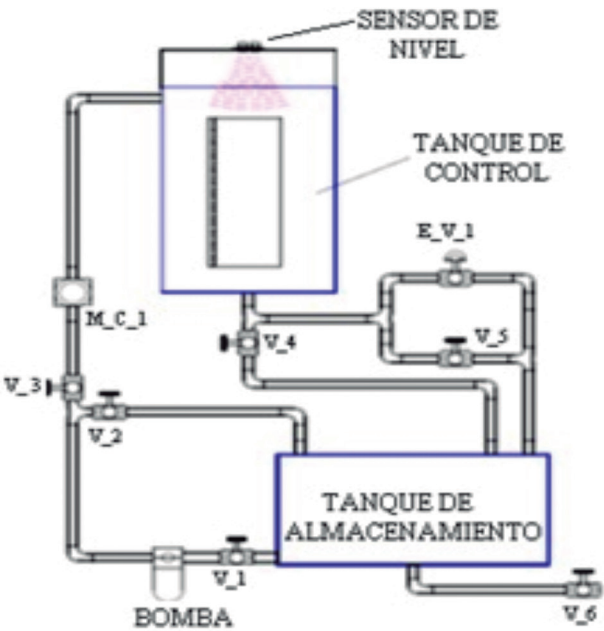
Se utiliza como sensor para realizar la retroalimentación en CAGP un sensor YF-201 (M-C-1), el mismo que mide el caudal en base a pulsos eléctricos, cuya frecuencia es proporcional a la velocidad del líquido que pasa por este en la figura 2 se aprecia la ubicación de los elementos.

Figura 1. Sistema Hidráulico _Control de Caudal (Planta Semi-Industrial)



Fuente: Autores

Figura 2. Sistema Hidráulico Control Caudal



Fuente: Autores

3. CONTROLADOR ADAPTATIVO DE GANANCIAS PROGRAMADAS

El CAGP se lo utiliza a nivel industrial especialmente en sistemas no lineales, su desarrollo inicia en el año 1996 [4], se le denomina como control “Gain Scheduling” [16], en esta estrategia de control se realiza controladores PID para varios puntos de operación de la planta, llenando una tabla de controladores [17], [18], [19], [20]. PID locales.

Para el proceso de adaptación se necesita seleccionar una variable de la planta, a la cual se denomina variable de programación, la que permite al algoritmo, ir eligiendo los parámetros

K_p , K_i y K_d del controlador PID que debe aplicar en cada instante [17].

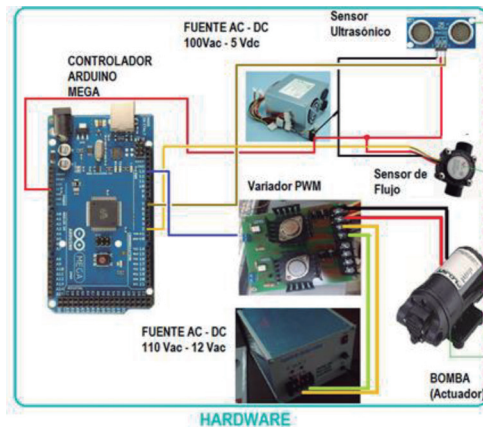
En este trabajo se desarrollaron 69 puntos de operación en lazo abierto, con los que se obtuvo las funciones de transferencia para cada uno de ellos, luego utilizando el simulador Simulink de Matlab se obtiene los parámetros K_p , y K_i del control PI implementado en este proyecto, los mismos que, al realizar pruebas en la planta real, se han seleccionado 6 puntos, para barrer todo el rango del caudal posible de la planta.

4. SISTEMA EMBEBIDO

En la figura 3 se presenta el diagrama de conexiones del sistema

eléctrico y hardware de la planta [21], [22], [23], [24], [25].

Figura 3. Conexiones eléctricas del sistema eléctrico y hardware de la planta [4]



Fuente: Autores

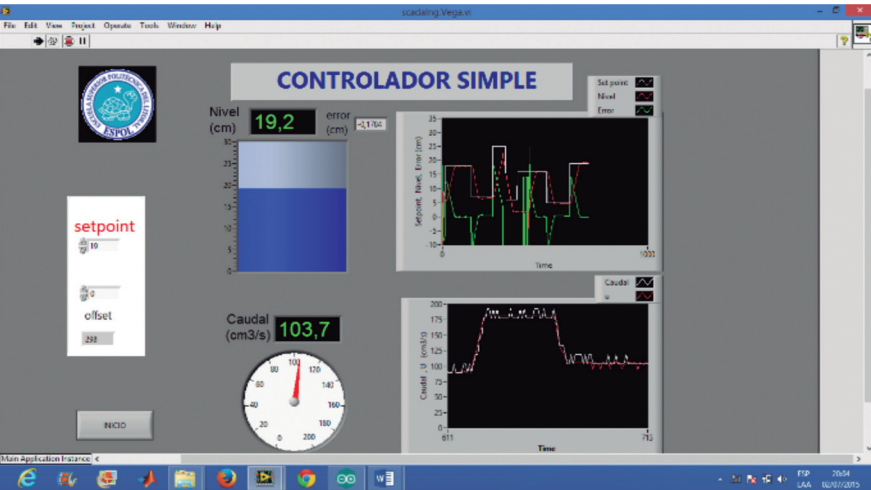
Para ejecutar el algoritmo de control adaptativo se ha utilizado el sistema embebido [26]. Arduino mega 256, esta tarjeta consta de 54 pines, los mismos que pueden ser programados como E/S digital, 15 de estos también tienen la alternativa que se los puede configurar como salida PWM, la tarjeta también tiene 16 entradas analógicas, y la velocidad de proceso es de 16MHz [27] [28].

La lectura del sensor de caudal, se la realiza con una de las entradas digitales, el software calcula la frecuencia de los pulsos con la que se determina el caudal del líquido que pasa por las tuberías. Se realizan 10

muestras de la medida del caudal, se obtiene el promedio y con este se realiza la acción de CAGP, la señal de respuesta (u) del controlador se envía como salida de tipo modulación por ancho de pulso (PWM) de 16 bit [36], para modificar el voltaje de la bomba provocando con este la acción de control correspondiente.

Para visualizar las señales del controlador y cambiar los puntos de operación de la planta, se desarrolló una interfaz entre el Arduino y LabView [29], en la que se puede cambiar los puntos de operación y monitorear el estado de las señales de salida y la señal de control u de la planta (Figura 4).

Figura 4. Pantalla de interface entre Arduino y Labview de Planta.



Fuente: Autores

El sistema desarrollado es totalmente autónomo del entorno de Labview, se puede cambiar el punto operación en la interface y luego

se puede desconectar la planta de este entorno pudiendo funcionar sin estar conectada a esta.

5. MODELADO DE LA PLANTA

Para obtener la ecuación no lineal de la planta probó el sistema en lazo abierto en 69 puntos de trabajo dejando que se estabilice en cada uno de esta tabla [30]. En la que se ha tomado medidas de voltaje de entrada de la bomba (V_b en voltios), caudal de la bomba (Q en cm^3/s) y código PWM.

Para la función no lineal, se ha utilizado el método de mínimos cuadrados en Matlab [31] con el que se obtuvo las ecuaciones 1, 2 y 3 de la planta.

En la ecuación 1 se obtiene un polinomio de grado 10 que relaciona el voltaje (0-10V) y el caudal de la bomba, en la ecuación 2 se presenta una función lineal que relaciona el voltaje de la bomba con el código PWM que se envía en la tarjeta de control, y finalmente en la ecuación (3) se relaciona el caudal de la bomba con el voltaje de alimentación de la misma.

$$Q = a_0 + a_1h + a_2h^2 + a_3h^3 + a_4h^4 + a_5h^5 + a_6h^6 + a_7h^7 + a_8h^8 + a_9h^9 + a_{10}h^{10}$$

$$a_1 = -1.6328544757065e3$$

$$a_2 = 1.207728157129089e3$$

$$a_3 = -5.022590718939392e2$$

$$a_4 = 1.312077956374586e2$$

$$a_5 = -2.245249293106776e1$$

$$a_6 = 2.540354411442594$$

$$a_7 = -1.865980677505494e - 1$$

$$a_8 = 8.429685964672562e - 3$$

$$a_9 = -2.073272065620494e - 4$$

$$a_{10} = 2.016093565335417e - 6$$

$$V = PWM.*b + 1.1145e1$$

$$b = -2.445082320006998e - 3$$

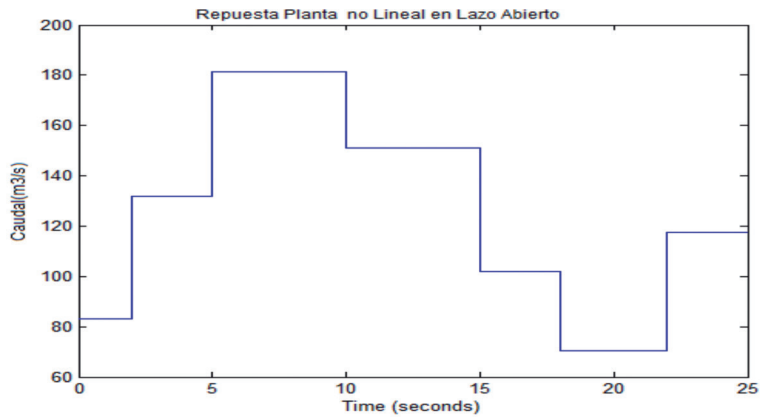
$$Q = Vb.*c - 1.948475e1$$

$$c = 1.610556422996691e1$$

La ecuación (1) se fija como el modelo no lineal del sistema.

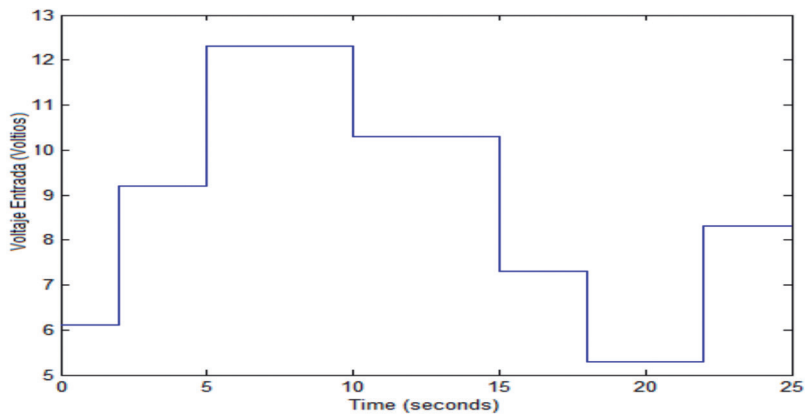
Se realiza la prueba de este modelo matemático en simulink, para validar el modelo, se ingresa como señal de entrada el voltaje de la bomba de la figura 6 y se obtiene como salida el caudal de la misma figura 5. Al comparar los valores de estabilización de la planta con los valores reales de la misma se pudo comprobar que son bien aproximados.

Figura 5. Respuesta de la Planta en lazo abierto para diferentes Puntos de operación



Fuente: Autores

Figura 6. Señal de voltaje de la bomba para los diferentes puntos de operación de la figura 4



Fuente: Autores

6. DISEÑO DE LOS CONTROLADORES PI PARA LOS DIFERENTES RANGOS DE FUNCIONAMIENTO

Para la implementación del CAGP se ha diseñado el controlador PI continuo en cada punto de ope-

ración, utilizando la herramienta de sisotool y simulink de Matlab y de acuerdo con el método mostrado en

[32], se convirtió las constantes de los controladores continuos (Tabla I) en discretos. En [33] y en [34], se presenta otra forma de realizar la sintonización de esta variable, las funcio-

nes de transferencias para calibrar los parámetros del CAGP se dan a conocer en la Tabla 2, los cuales fueron determinados por el método de curva de reacción de Ziegler-Nichols.

Tabla 1. Constantes de los Controladores PI

Puntos de operación (cm ³ /s)	valor K _p	valor K _i	Rango de Operación (cm ³ /s)
85	1.072	0.09	(75-100)
100	1.85	0.72	(100-115)
115	2.5	0.92	(115-130)
130	3	0.56	(130-145)
145	0.7	0.92	(145-158)
160	1.7	1.34	(160-175)

Fuente: Autores

El diagrama de bloque de la planta se presenta en la figura 7, se realizan pruebas del controlador para observar las repuestas en el sistema embebido, utilizando el modelo no lineal de la planta, para esta prueba se ha hecho pasar la planta por dife-

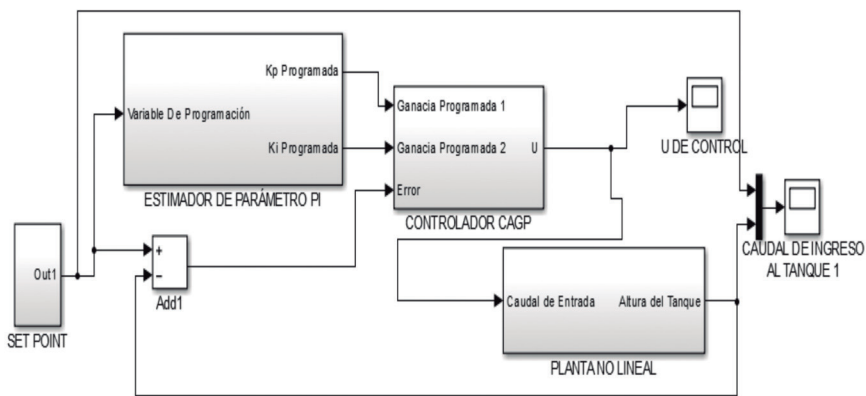
rentes puntos de operación, los resultados de la señal de salida(caudal) y la señal de control u se presentan en las figuras 8 y 9 respectivamente, en esta observa que el controlador hace que la planta siga fielmente a la referencia planteada como setpoint

Tabla 2. Función de Transferencia de la Planta y sus diferentes Puntos de Operación

Puntos de operación (cm ³ /s)	Función de Transferencia (Q/Vb)
85	$14.9/(1.8S + 1)$
100	$20.5/(3.2S + 1.38)$
115	$15.25/(3.2S + 1)$
130	$15.08/(1.7S + 1)$
145	$8.97/(0.968S + 1.576)$
160	$8.97/(1.79S + 0.59)$

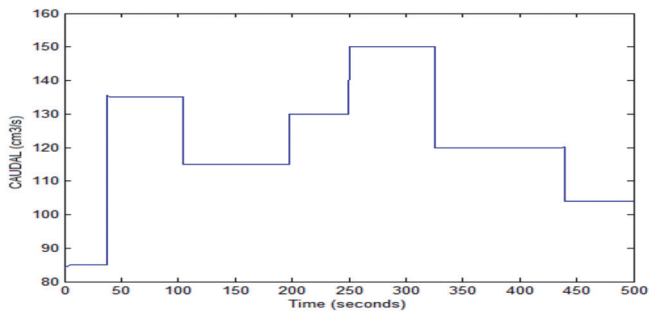
Fuente: Autores

Figura 7. Diagrama de Bloque del Controlador Adaptativo de Ganancias Programadas Caudal



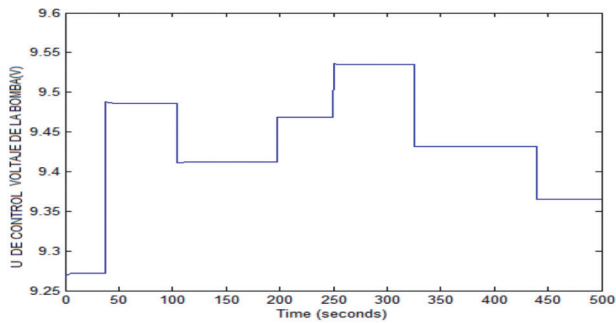
Fuente: Autores

Figura 8. Señal de salida de la Planta Obtenida por Simulación (Caudal de salida)



Fuente: Autores

Figura 9. Señal de control



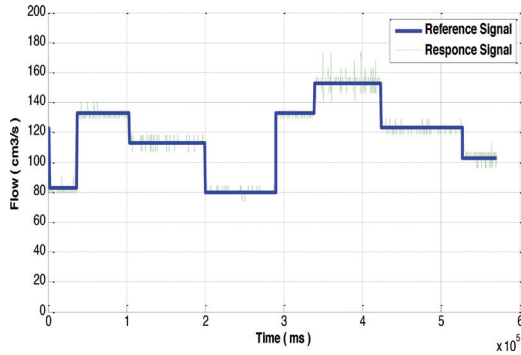
Fuente: Autores

7. RESULTADOS

Se realizaron pruebas en la planta real sin perturbaciones, colocando el algoritmo CAGP en el sistema embebido, se hizo pasar el sistema por diferentes puntos de operación 85, 135, 115, 80, 137, 150, 120 y 104 cm^3/s respectivamente en la figura 10 se consolidan los resulta-

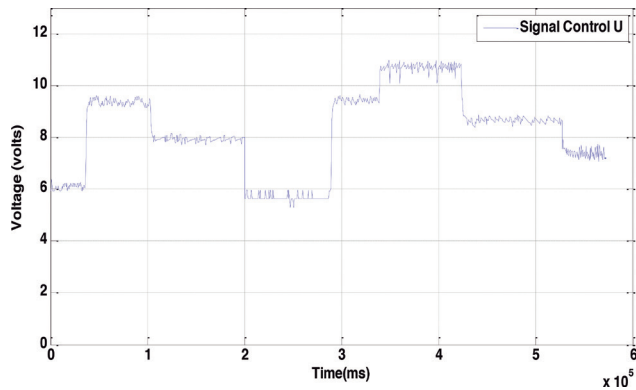
dos de la salida de la planta de esta prueba. El controlador ha logrado en un tiempo aceptable estabilizar el caudal, así mismo el sobre nivel porcentual de la salida es despreciable, en la figura 11 se muestra la señal de control resultante.

Figura 10. Señal de salida real de la planta sin perturbaciones para diferentes puntos de operación con el CAGP



Fuente: Autores

Figura 11. Señal control u de la planta real sin perturbaciones para diferentes puntos de operación con el CAGP

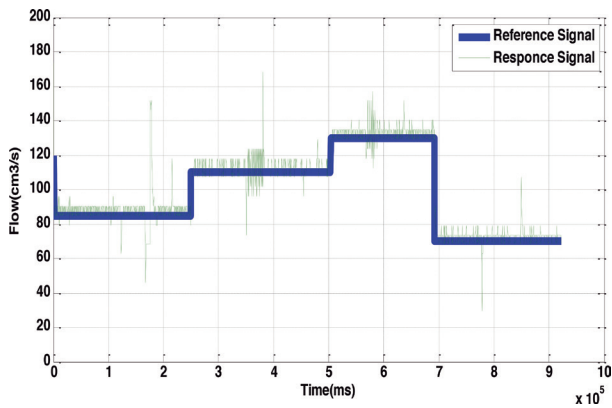


Fuente: Autores

Así mismo se realizaron pruebas con perturbaciones tanto en la entrada como en la salida del sistema. Las respuestas se pueden observar en las figuras 12 y 13, las cuales corresponden a la señal de salida de la planta (caudal) y a la u de control

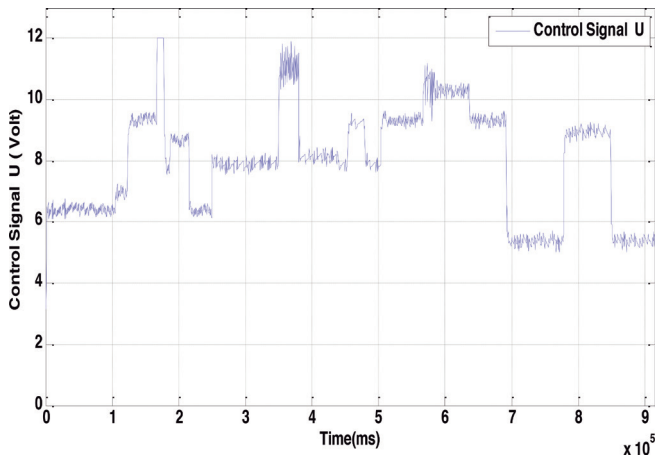
(voltaje bomba) del CAGP. En estas el controlador hace que el sistema siga fielmente a la referencia, y en donde se presentan las perturbaciones el CAGP responde aumentando la u de control para compensar las pérdidas ocasionadas por estas.

Figura 12. Señal de salida de la planta con el CAGP con perturbaciones en diferentes puntos de operación



Fuente: Autores

Figura 13. Señal de control del CAGP con perturbaciones en diferentes puntos de operación



Fuente: Autores

8. DISCUSIÓN

Las pruebas realizadas a través de la simulación de la planta permitieron la calibración de los parámetros del controlador CAGP de Caudal, con estos datos se realizó el algoritmo de control, el cual se lo ha embebido en una tarjeta Arduino Mega 256.

En las pruebas realizadas por simulación Figura 8 y 9 y las obte-

nidas en la planta real figura 10 y 11,12 y 13, se nota que el controlador CAGP embebido responden satisfactoriamente, siguiendo a la referencia, y en los casos donde se le presentan perturbaciones, la señal de control (u) aumenta para permitir estabilizar la planta en el punto de operación.

9. CONCLUSIONES

El control Adaptativo de Ganancias Programadas de caudal implementado en el sistema embebido, responde satisfactoriamente en la planta semi-industrial, siga la trayectoria de referencia del caudal, y frente a perturbaciones en la salida, el controlador reacciona y logra llevarlo nuevamente a su punto de operación.

La dinámica del control CAGP de caudal es aceptable, el sobre nivel porcentual es nulo y el tiempo de estabilización es pequeño, comparado con el tiempo de estabilización en lazo abierto.

El sistema embebido Arduino Mega 256 responde satisfactoria-

mente en la ejecución del algoritmo del CAGP, por tal motivo representa una buena alternativa a la hora de implementar este tipo de controladores.

Con la utilización del sistema embebido en la ejecución del algoritmo del CAGP de caudal se puede abaratar los costos en hardware de este proyecto.

El modelo obtenido tanto lineal como no lineal de la planta, tienen un comportamiento bastante aproximado al comportamiento del sistema real, como se demuestra en las simulaciones realizadas, y en los datos tomados en la planta real.

10. REFERENCIAS

- [1] C. I. Camargo B. Metodología para la transferencia de tecnología en industria Basada en Software Libre y Hardware Copyleft
- [2] R. Pérez. V., J. Mussons S. “Desarrollo de un simulador conductual para la formación en gestión empresarial basada en LEAN”, Universidad Politécnica de Cataluña 2011.
- [3] J. Suardiaz, B., Al-Hadithi, A Ibarra “Controlador Auto-Parametrizable Dedicado al Control de Caudal de un Fluido”
- [4] R. Ayala, J. Llerena, P. Parra, N. Vega Ureta, et al. 2016. “Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad Memoria académica”. Gain scheduling Adaptive Control, Implemented in an Embedded System”. pp 13-27. Editorial ABYA YALA, disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12776>
- [5] Y. Bolea, V. Puig, J. Blesa “Gain Scheduled Smit Predictor PID-Based LPV Controller for Open-Flow Canal Control”.
- [6] Z. Mazlan, R. Ibrahim, “Development and Implementation of Adaptive Fuzzy PID Controller (AFPIDC) for Flow Control Application”
- [7] Qi Xing Liu Guizhou, “Design of flow control system based on expert PID”.
- [8] V. Prabhakaran, M. Ashmi, S. Jayaraj, K. S. Sivanandan, “Design of a controller for the pneumatic flow control valve and pressure regulation for application related to pneumatically powered orthosis”.
- [9] T. Nartowicz, B. Poland, “Fractional order controller to control pump in FESTO MPS® PA Compact Workstation”.
- [10] J. Deli, P. Xiaohan, L. He, S. Fuchao, “Research on the Flow Control Strategy of Water Distributor in Water Injection Well”.
- [11] N. Syalwiah, R. Ibrahim, “Real-Time Implementation on of Model predictive Control Application”.
- [12] Z. Yan, Ch.Liu, X. Song, Z. Song, Y. Zhang, “Application of Fuzzy Adaptive PID Control in Chlorine Flow Control System”.
- [13] M. Pandey, K. Ramkumar, V. Alagesan “Design of Fuzzy Logic Controller for a Cross Flow Shell and Tube Heat-Exchanger”.
- [14] J. Suardíaz, M. Al-Hadithi, A. Iborra, “Control Auto-Parametrizable Dedicado al Control del Caudal de un Fluido”.
- [15] C. Vacca, G. Scaglia, M. Serrano, S. Godoy, V. Mut, “Sensado y Control de Caudal por Visión Artificial”.
- [16] G. Naus J.L., “Gain scheduling Robust Desing and Automated Tunning of Automotive Controller, University of technology Eindhoven”, Octubre 2009
- [17] J. Danko, M. Ondrovicova “Adaptive control of a laboratory tank system”, University of Technology, de BRATISLAVA, Enero del 2000
- [18] R Pérez, R. Aída, C. Conno, A. Antonieta, P. Enríquez, D. Álvaro, “Desarrollo de un sistema de control adaptativo tipo programador de ganancia para la regulación del nivel en un tanque esférico”, Universidad de Carabobo, diciembre del 2009
- [19] A. Parra A., “Implementación de un control adaptativo de ganancia programada para efectuar el control de la frecuencia de salida de un generador”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 2011
- [20] A. B. Cecilio Y R. G. Cristóbal, “Tecnología de los sistemas de control”, primera edición, ediciones UPC, septiembre 2004

- [21] F. Rubio, M. López, “Control Adaptativo y Robusto”, Universidad de Sevilla, España, 1996.
- [22] C. A. Smith, A. B. Corripio, 1997 “Control Automático de Procesos Teoría y Práctica”, editorial LIMUSA
- [23] H. Posadas Cobos, “Estimación de prestaciones para Exploración de Diseño en Sistemas Embebidos Complejos HW/SW”. Universidad de Cantabria. (2011). Disponible en: www.tdx.cat/bitstream/10803/32204/1/TesisHPC.pdf.
- [24] R. D. Sánchez Dams, “Estado del arte del desarrollo de sistemas embebidos desde una perspectiva integrada entre el hardware y software”. Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada. Volumen 2 Número 22, 2013.
- [25] R. D. Sánchez Dams, “Controlador lógico programable. Una mirada interna”, Barranquilla, Colombia: Editorial Universitaria de la Costa. Primera Edición. Educosta, 2009.
- [26] J. Téllez Mosqueda, “Estado de la Formación en Sistemas Embebidos”, Fondo de Información y Documentación para la Industria. 2012. Disponible en: http://www.infotec.com.mx/work/models/infotec/Resource/6088/1/images/CT_no1.pdf.
- [27] Microcontroller 8-bit with 64K/128K/256K Bytes In-System Programmable Flash http://biacom.com/pdf/ATMEGA2561_Atmel.pdf Fecha de consulta, Febrero – Mayo 2015.
- [28] R. Enríquez H., “Guía de usuario de Arduino”, noviembre 2009
- [29] LabVIEWTM, v. 10. Manual de referencia.
- [30] N. Vega, B. Romero; “Diseño e implementación de controladores PID y control adaptativo de ganancias programadas con las variables nivel y caudal evaluados sobre un módulo didáctico”, Escuela Superior Politécnica del Litoral 2016.
- [31] Matlab R2012a, versión 7.6. Funciones System Identification toolbox
- [32] Y. Cerezo L., “Contribución al diseño y sintonía de controladores PID discretos en sistemas muestreados de forma no convencional”, UNED, Madrid, 2011.
- [33] V. M. Alfaro Ruíz, “Métodos de sintonización de controladores pid que operan como reguladores”, <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/viewFile/6430/6135>, fecha de consulta agosto 2014.
- [34] P. Parra Rosero, W. Ipanaqué, J. Manrique, J. Oviden, “Predictive and adaptive nonlinear controller applied to a drying process of cocoa beans. IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting, ETCM 2016. Disponible en: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85006995207&partnerID=MN8TOARS>.

Smart Illumination System Based on an Integrating Controller

Control integrador de un sistema de iluminación inteligente

Nino Vega¹, Karen Paredes², Eduardo Holguín³, Luis Córdova⁴

Abstract: The present project describes the design and development of a system that stabilizes light intensity in a specific area through an integrating controller. The controller is built with an Arduino Mega 2560, it uses a BH1750 light sensor that runs through an I2C communication and the final control element is a set of 100 LEDs which generates the light for the analyzed area. In order to design the control constants, a nonlinear mathematical plant model was developed, for this 166 experimental points of the system were analyzed in an Open-loop, through this a third degree polynomial expression was obtained, and used as reference. This project can also be used for educational purposes, it has been developed in a MatLab environment, in which you can monitor the control signals and manipulate the operating point of the plant.

Keywords: Light intensity, Integrating controller, Mathematical Model, MatLab

Resumen: Este proyecto apunta a demostrar el diseño y desarrollo de un sistema, que a través de un control de tipo integrador estabiliza la intensidad de luz en un área específica. Para el diseño se ha utilizado un Arduino Mega 2560 como elemento controlador, el sensor de luz BH1750, el cual funciona a través de una comunicación I2C y como elemento final de control se tiene un juego de 100 Leds, que generan la luz de ambiente en el área de análisis. Para el proceso de diseño de las constantes de control, hubo la necesidad de desarrollar un modelo matemático no lineal de la planta, para esto se tomaron 166 datos experimentales del sistema en lazo abierto con los cuales se obtuvo un polinomio de grado 3 que modela la planta. El presente proyecto también puede ser utilizado con fines didáctico, se ha desarrollado un entorno en Matlab, en el que se pueda supervisar las señales de control y se puede manipular el punto de operación de la planta.

Palabras Clave: Intensidad de luz, Controlador integrador, Modelo Matemático, Matlab

-
- 1 Nino Vega U., Grupo de Investigación de Procesos Industriales de la Universidad Politécnica Salesiana, nvega@ups.edu.ec
 - 2 Karen Paredes, investigadora, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, karen_eline20@hotmail.com
 - 3 Eduardo Holguín, investigador, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, eduholg@hotmail.com
 - 4 Luis Córdova, profesor investigador, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, luis.cordova@cu.ucsg.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

El presente sistema aspira a propiciar ambientes estables y autor-regulados de iluminación. Éstos podrían reducir el consumo eléctrico, crear ambientes óptimos para la producción o conservación de compuestos y/o aportar a la crianza o control de seres vivos.

La iluminación tradicional genera altos consumos eléctricos que elevan los costos de producción y aumentan la contaminación ambiental ya que genera un aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Aproximadamente del 100% del consumo energético de las bombillas fluorescentes un 80% es perdido por emisiones de calor, el 15% son emisiones de rayos ultravioletas e infrarrojos, dejando solo un 5% del consumo total sea de luz real [1]. Con este proyecto se quiere mejorar estos indicadores, en base a la iluminación LED, que por sus particularidades produce mayor nivel de iluminación por watt de consumo, este tipo de consumidor de energía, del 100% de absorbida de las líneas de alimentación solo el 10% es perdida, dejando un 90% de luz real y por ende requiere menos consumo energético para alumbrar, disminuyendo la emisión de gases carbónicos. Adicionalmente al no poseer metales pesados es más amigable para el medio ambiente y

posee mayor vida útil. Estos componentes al ser extremadamente amigables para el medio ambiente y de bajo consumo fueron escogidos para como fuente de iluminación para la planta desarrollada. [1].

El sistema diseñado en este proyecto utiliza de un controlador PID, el cual manipula la señal de control (u) para el manejo de la luz, un sensor tipo fotodiodo con comunicación I2C se encarga de la inspección de la luz en el área y manda la señal retroalimentada al sistema manejando la respuesta de la planta; El objetivo es regular la iluminación compuesta de LEDs para alcanzar el nivel de iluminación deseado.

Se ha localizado estudios similares en el año 2008 se presentó un diseño utilizando microprocesadores y sensores de luz para el control automático de la iluminación de una habitación. Si no detectaba emisiones de presencia las luces se apagaban, si se detectaba alguna presencia se ajustaba la iluminación a niveles establecidos [2]. Otro estudio realizado por H. Grossman en el año 2000 muestra un sistema de luz indicador de al menos un LED, y un circuito de accionamiento. Una foto detector capta la salida luminosa del LED, y correspondientemente se da salida a una señal de control [3]. En la Universidad Au-

tónoma de Querétaro se enfocaron en el control de luz a través de una comunicación utilizando módulos inalámbricos. La regulación de la luz se logró utilizando un sistema de controlador basado en lógica difusa. Las pruebas realizadas en este sistema se aplicaron a un edificio con actividades pedagógicas [4]. En la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina por intermedio del sensado del nivel de iluminación y la manipulación del ángulo de dis-

paro de un Triac, se obtuvo regular el nivel de iluminación, variando la fuerza lumínica de un bombillo incandescente [5]. En este informe se propuso utilizar un sensor LDR, un Arduino Uno para manipular la **u** de control a través de PID [6]. Por último, se presentó una práctica para el diseño, un modificador de intensidad luminosa que trabaje conectado a la red de 220 v. que recurre a un TRIAC y una memoria para su implementación [7].

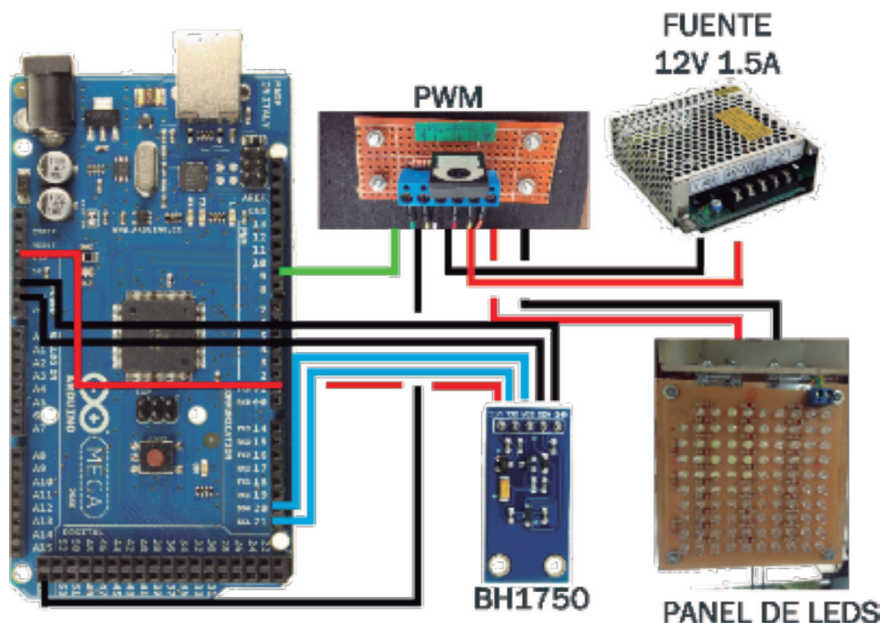
2. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la Planta

Para el desarrollo del sistema se utilizó un Arduino Mega que funciona como el controlador de la planta, que también permite la comunicación entre el proceso y el SCADA. Como algoritmo de control se ha colocado un controlador PID, el mismo que permitirá mantener el valor de luxes en el punto que seleccione el usuario. Para probar el controlador se ha utilizado una interfaz de potencia que funciona con modulación por ancho de pul-

so (PWM), la cual se encarga de amplificar la señal de repuesta que envía el controlador (**u**) para alimentar a los LED, esta utiliza como elemento de potencia el transistor TIP3055, y finalmente para realizar la retroalimentación de control, se utilizó el sensor fotodiodo BH1750 que maneja comunicación I2C para enviar la respuesta de las condiciones en que se encuentra la planta, el diagrama de conexiones del circuito eléctrico de todos los elementos usados se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de Conexiones del Circuito Eléctrico del Sistema



Fuente: Autores

Sensor BH1750

BH1750FVI es un sensor digital de luz, que es un Sensor de luz de ambiente a través de circuito integrado con una interfaz de bus I2C digital. Este circuito integrado es el más adecuado para obtener los datos de luz ambiental para ajustar una retroiluminación. El mismo posee una amplia área de lectura desde 1 a 65535 lx [8].

Controlador Arduino Mega 2560

El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales

15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos seriales), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una carcasa ICSP, y un botón de reinicio.

Controlador PID

El controlador PID es la forma más común de retroalimentación para mantener a la variable de salida de un sistema en estado estable. Era un elemento esencial de los primeros gobernadores y se convirtió en la herramienta estándar cuando el control de procesos surgió en la década de 1940. En el control de procesos,

hoy en día, más de 95% de los bucles de control son de tipo PID, la mayoría de bucles son en realidad control PI. [9]. Un controlador PID responde a la Ecuación (1).

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{d(e(t))}{dt} \quad (1)$$

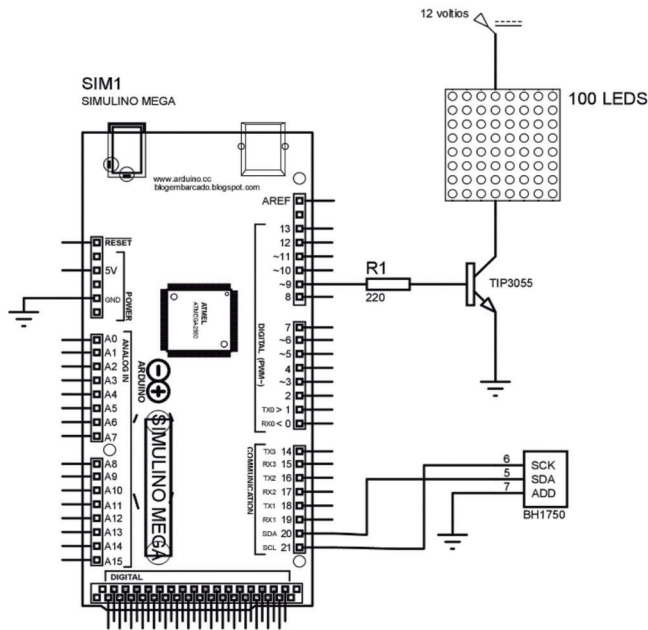
En donde $e(t)$ es el error de la señal $u(t)$ es la entrada de control del proceso, K_p es la constante propor-

cional, K_i es la constante de tiempo integral, y K_D es la constante de tiempo derivativa.

Implementación del sistema para el Control de Iluminación

En la figura 2 se muestra un esquema del circuito que se ha implementado para realizar el control de iluminación.

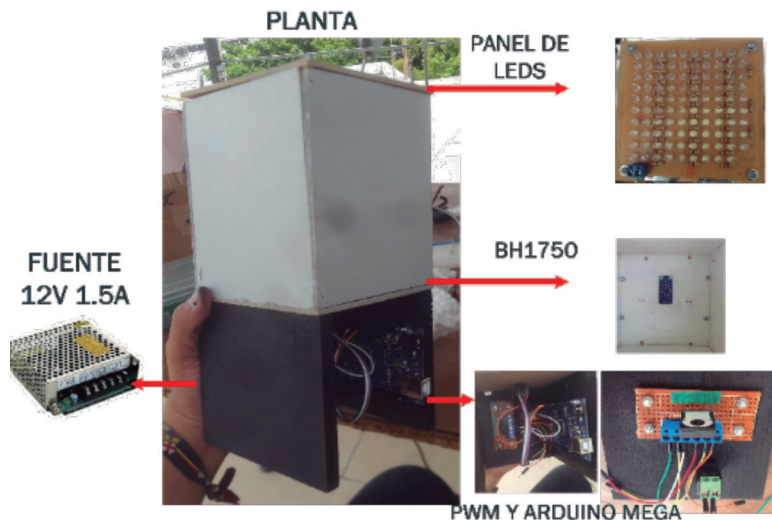
Figura 2. Circuito Eléctrico del sistema de iluminación



Fuente: Autores

Se ha construido, una caja de 11x11x23 centímetros para simula un cuarto al vacío (oscuridad absoluta), el actuador (panel de Leds) se coloca en la parte superior, en la base de la caja tenemos el sensor y

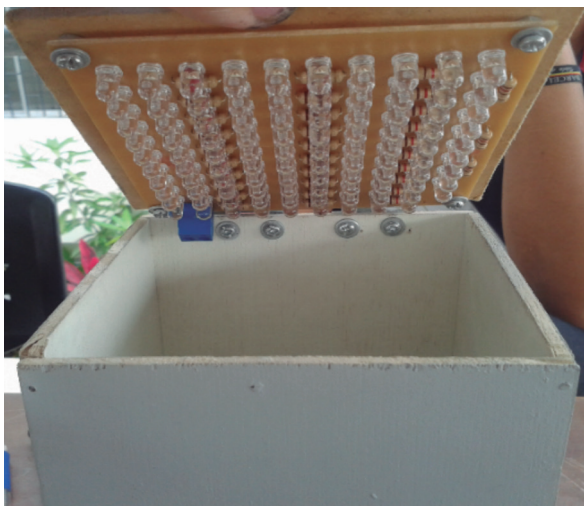
en el exterior a la caja se ha están los elementos del circuito eléctrico. En la Fig. 3 se muestra esta implementación y se da a conocer la ubicación de los elementos del circuito eléctrico.

Figura 3. Planta para control PID

Fuente: Autores

La luminaria que se ha implementado está conformada por 100 LEDs (Fig. 4), se imprimió una placa con una conexión para que

pueda ser alimentada por una fuente de 1.5 a 12 Voltios, el consumo de corriente en el circuito es de 1.5 amperios.

Figura 4. Panel de LEDs de la planta

Fuente: Autores

3. MODELADO DE LA PLANTA

Principios fundamentales

Con la Finalidad de conseguir una ecuación general, se tomó valores experimentales en lazo abierto, manipulando el voltaje de entrada y registrando las lecturas del sensor.

Con la planta totalmente cerrada se tiene una lectura de 0 luxes. La intensidad lumínica es variada a través de la manipulación del voltaje DC, por medio de un código PWM de la entrada del circuito de fuerza (tarjeta de fuerza PWM), se tomaron lectu-

ras de: código digital(CD), la lectura del sensor(luxes), El valor del voltaje de salida(Voltios) de la tarjeta de fuerzas, el porcentaje de error entre la lectura del sensor real y el valor mostrado en el SCADA(simulink).

También se almacena el valor de la función de transferencia que resulta de linealizar la ecuación 2 al evaluarla en cada punto de operación, los datos se consolidan en la tabla 1 en esta se muestran 26 de 166 datos que se tomaron.

Tabla 1. Datos obtenidos de los puntos de operación

CD	Luxes	Voltios	Luxes en MatLab	error	F.T Luxes/ bits
2	204	6,108	240,07	-18%	0,57
3	342	6,132	355,93	-4%	0,34
4	476	6,156	471,81	1%	0,24
5	568	6,179	587,72	-3%	0,20
6	705	6,203	703,65	0%	0,16
7	835	6,227	819,61	2%	0,14
8	954	6,251	935,59	2%	0,12
9	1046	6,275	1051,59	-1%	0,11
10	1185	6,299	1167,62	1%	0,10
11	1279	6,323	1283,68	0%	0,09
12	1415	6,347	1399,76	1%	0,08
13	1485	6,370	1515,86	-2%	0,08
14	1645	6,394	1631,99	1%	0,07
15	1759	6,418	1748,14	1%	0,07
16	1876	6,442	1864,31	1%	0,06
17	1975	6,466	1980,51	0%	0,06
18	2108	6,490	2096,73	1%	0,06
19	2226	6,514	2212,97	1%	0,05
20	2302	6,538	2329,24	-1%	0,05
69	8094	7,708	8052,61	1%	0,01

Fuente: Autores

Con los datos de la Tabla 1, se utilizó las siguientes líneas de código de MATLAB para determinar la ecuación característica que relaciona los datos de la columna de voltaje y luxes.

```
x = a(:,1); y = a(:,2); p = polyfit(x, y, 3)
ps = poly2sym(p)
pe = inline(ps)
```

La ecuación resultante es.

$$\begin{aligned} Lux &= a * CD + b * CD^2 - c * CD^3 + d \tag{2} \\ a &= 1.157934634439158 * 10^2 \\ b &= 1.270770832794358 * 10^{-2} \\ c &= 1.850929075987142 * 10^{-5} \\ d &= 8.436595721199712 \end{aligned}$$

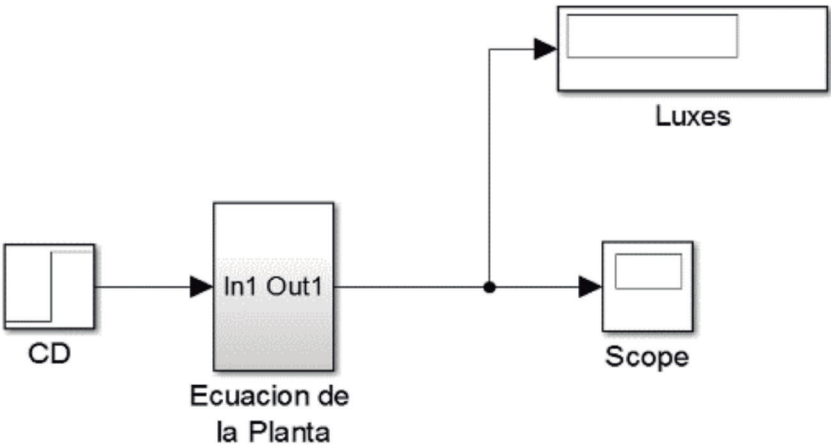
En donde **Lux** representa la cantidad de luxes, y **CD** es el código digital enviado desde el Arduino para general la señal PWM.

4. PRUEBAS DE SIMULACIÓN

Utilizando la ecuación 2, se implementó en Simulink este modelo no lineal del sistema (Figura 5), al cual, se le aplicó como prueba una entrada paso de 69, la respuesta de

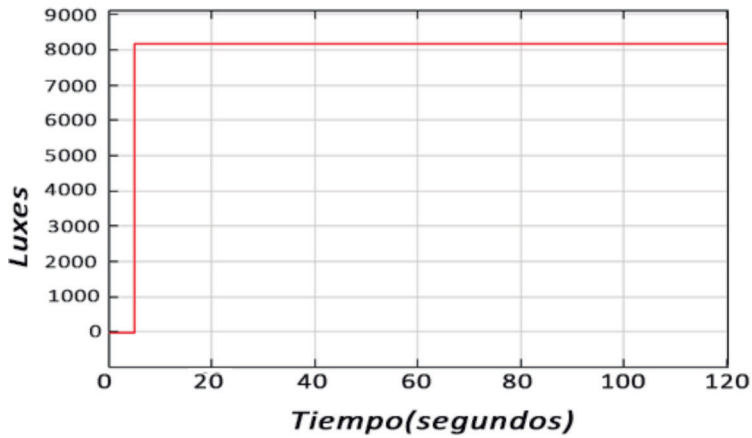
esta prueba (lazo abierto) se muestra en la Figura 6, el tiempo de estabilización es muy pequeño y alcanza el valor esperado según la Tabla 1 que corresponde a 8094 luxes.

Figura 5. Sistema en lazo abierto de la planta



Fuente: Autores

Figura 6. Comportamiento del sistema en lazo abierto ante entrada paso de 69 de código digital



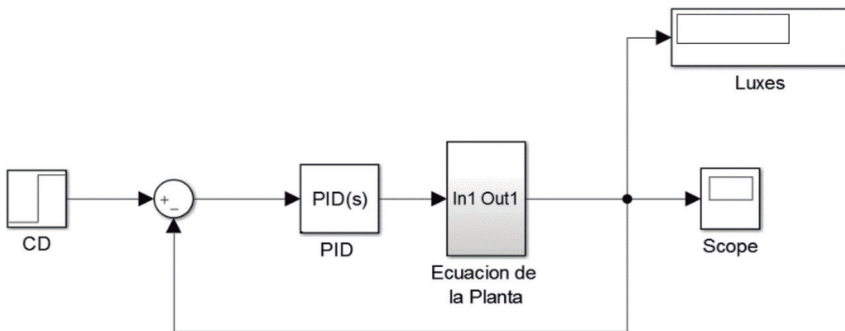
Fuente: Autores

Diseño del Controlador PID

Para determinar las constantes del controlador PID aplicable a la planta, se utilizó el Tune de Matlab/Simulink, en el que se colocó como modelo la ecuación 2, el diagrama de bloques de la prueba se observa

en la Figura 7, las constantes que se calibraron, generan un tiempo de respuesta lento, para que el ser humano observe las variaciones de iluminación hasta que la planta se estabilice, estas constantes fueron: $K_p=0$, $K_i=0.000864$ y $K_D=0$.

Figura 7. Diagrama de Bloque de la Planta en lazo Cerrado

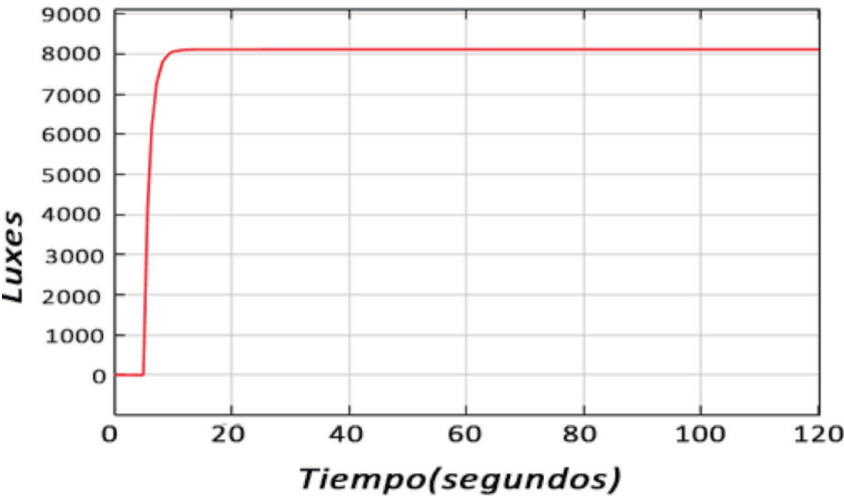


Fuente: Autores

Se realizó pruebas de simulación en lazo cerrado del controlador PID diseñado, la respuesta del sistema a una entrada paso de 69 (como código digital), se muestran en la figura 8, en esta

se puede apreciar que la planta no genera sobre nivel porcentual, y el tiempo de estabilización es de aproximadamente unos 4 segundos y se estabiliza aproximadamente en 8094 luxes.

Figura 8. Respuesta del Sistema en Lazo Cerrado ante una Entrada Paso de 69 de Código Digital



Fuente: Autores

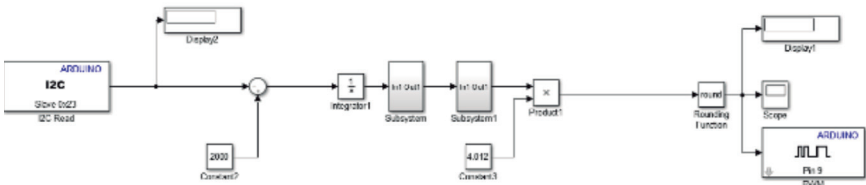
Implementación del controlador PID

Con los valores calibrados del K_p , K_i y K_d se implementa el controlador de la planta en Matlab/Simulink (Fig. 9), en este diagrama se utilizan dos bloques de comunicación Arduino –Matlab, el uno utilizado para enviar la respuesta de control (u) y el otro para tomar la lectura del sensor, adicionalmente

tiene dos bloques para convertir la acción de control en código digital del Arduino.

El sistema embebido Arduino, en este caso, es utilizado como esclavo para ejecutar la acción de control y para leer las condiciones externa de los luxes disponibles en la planta real, a través, del sensor, el cual envía la respuesta de la planta utilizando comunicación I2C.

Figura 9. Diagrama del controlador implementado en MatLab/Simulink en Arduino



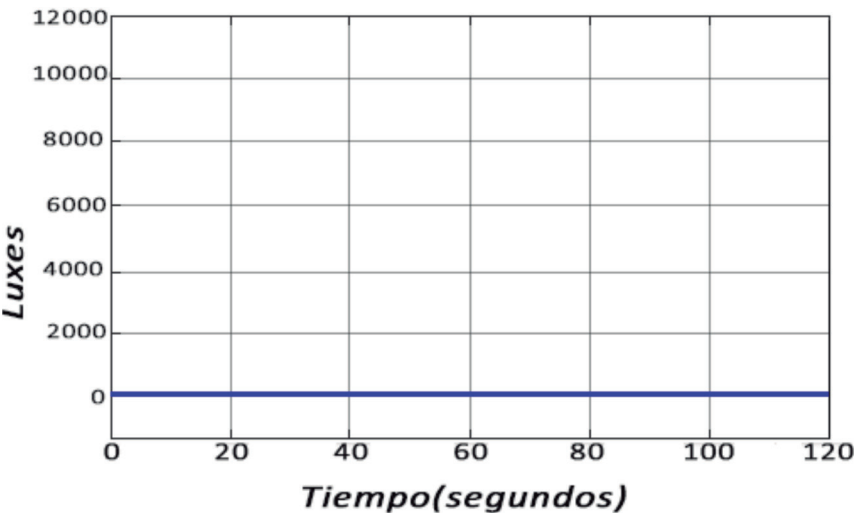
Fuente: Autores

5. RESULTADOS

Con la intención de examinar que el sistema realice un control en el cero del sistema en la planta real, se envió un setpoint de cero luxes, la respuesta obtenida en la planta real

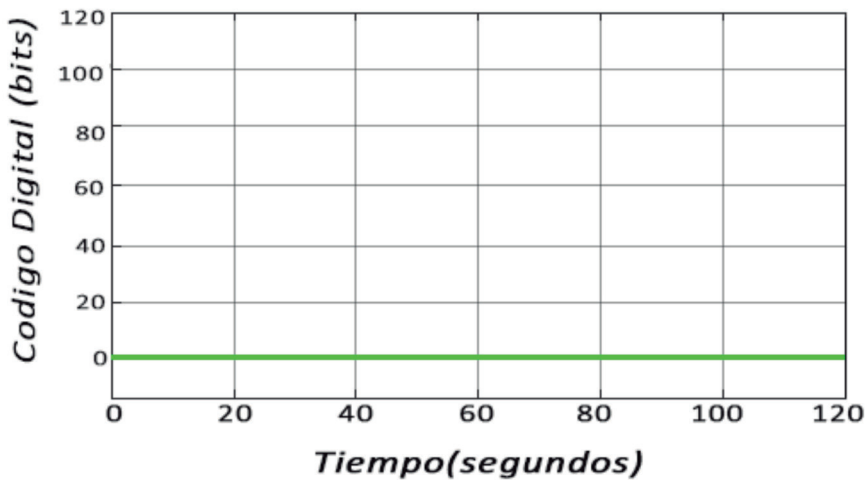
se muestra en la figura 10, con esta se puede comprobar que la onda se mantiene estable en todo momento, no tiene perturbaciones, el controlador mantiene el punto de operación

Figura 10. Respuesta del sistema para un setpoint de cero en la planta real



Fuente: Autores

Figura 11. U de control para la figura 10

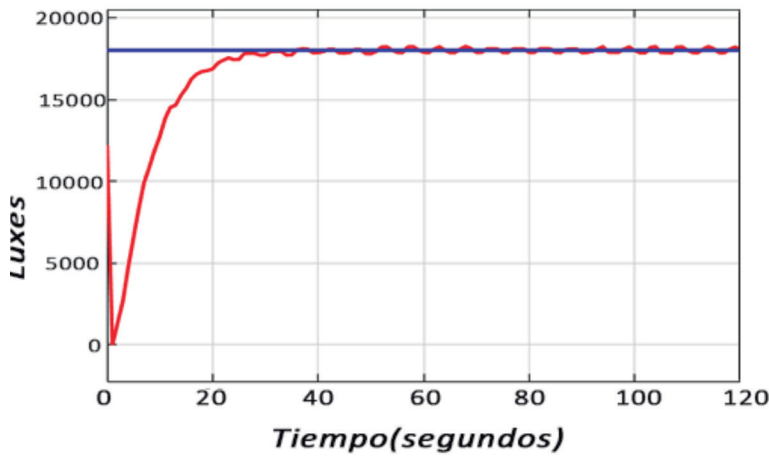


Fuente: Autores

También se realizó la prueba del controlador a un setpoint de 18074 luxes. El tiempo de estabilización en este caso fue de treinta segundos aproximadamente, y no tiene sobre

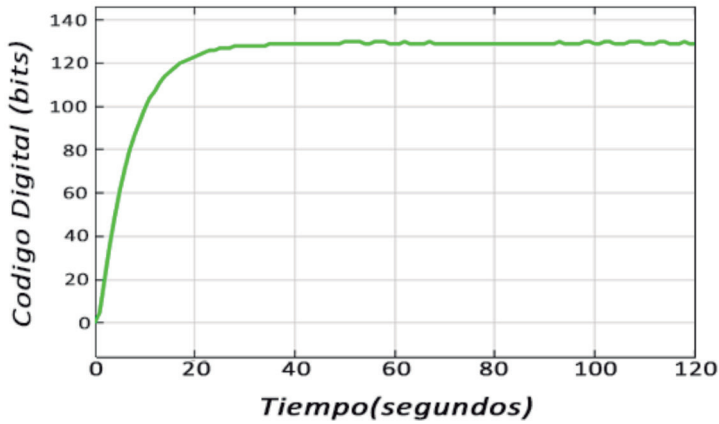
nivel porcentual, las señales de la prueba tanto de la salida de la planta y la señal de control se muestran en la figura 11 y 12 respectivamente.

Figura 12. Señal de respuesta del sistema para un setpoint de 18000 luxes



Fuente: Autores

Figura 13. U de control para la figura 12

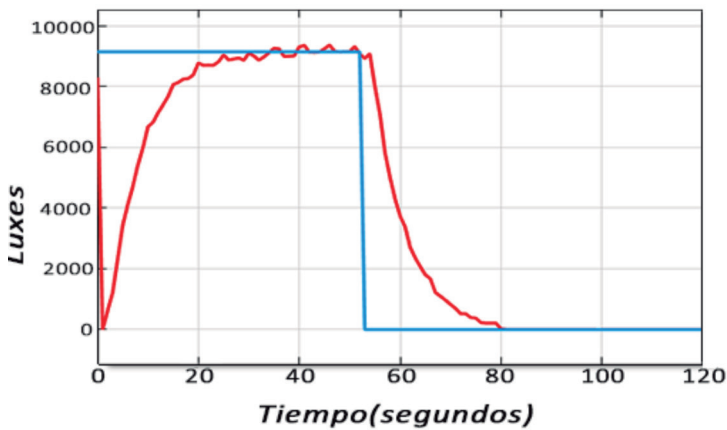


Fuente: Autores

Para probar el controlador en varios puntos de operación, se realizó una prueba, llevando la planta a un punto de operación de 9114 luxes, y luego que se estabiliza la planta, se le cambia del setpoint a cero, la respuesta de la planta se la muestra en la figura 13, en esta se puede apreciar que el

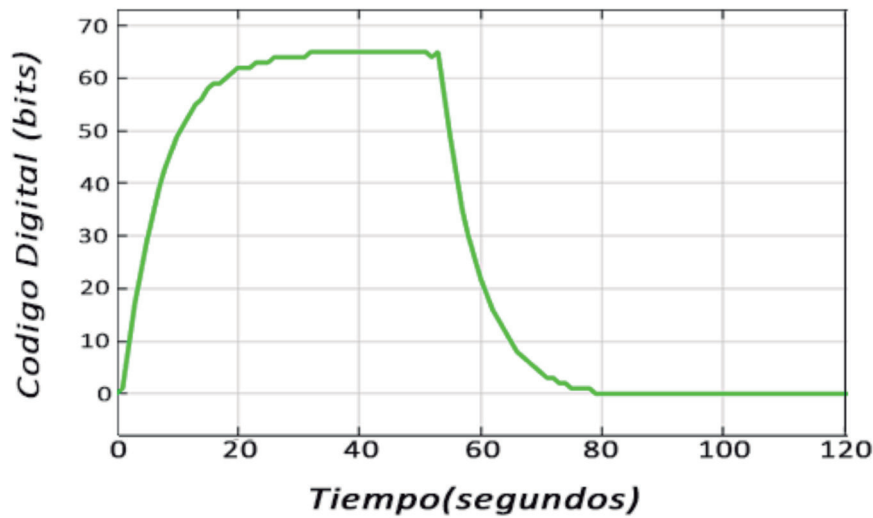
tiempo de estabilización es de aproximadamente de 35 segundos tanto en la subida como en la bajada del punto de operación, y no tienen nivel porcentual en los dos casos, en la figura 14 se muestra la señal de control U que el controlador genera para realizar estos cambios de setpoint.

Figura 14. Respuesta del sistema para un setpoint de 9114 luxes y 0 luxes



Fuente: Autores

Figura 15. U de control para la señal de la figura 14



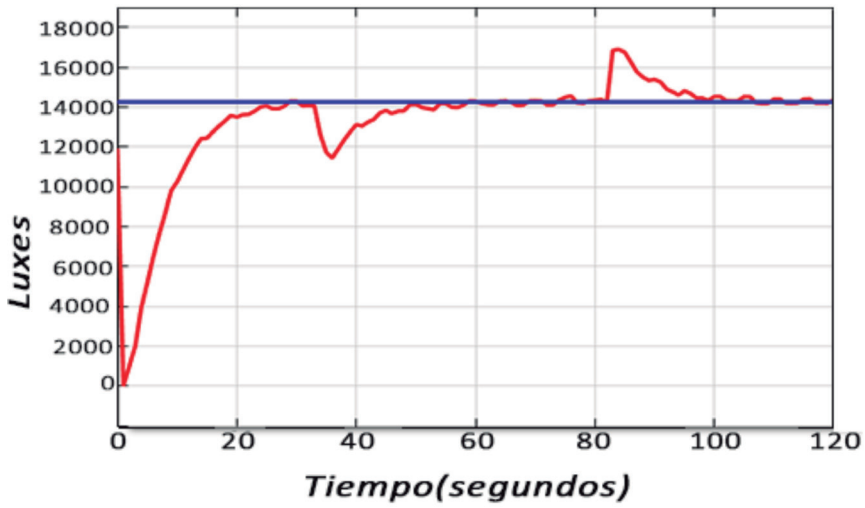
Fuente: Autores

Para observar la acción del control ante perturbaciones, se lleva a la planta a un punto de operación de 14254 luxes, y a los 30 segundos después de la estabilización, se aplica una perturbación, abriendo la tapa superior donde se encuentran alejados los LEDs, lo que permite que entre la luz natural y alejando los led de la posición de incidencia directa al sensor, el controlador reacciona rápidamente haciendo que aumente la cantidad de luz emitida por los LEDs, para compensar las pérdidas originadas por esta perturbación, luego se cierra la tapa a los

82 segundos y se mira como la planta se vuelve a estabilizar.

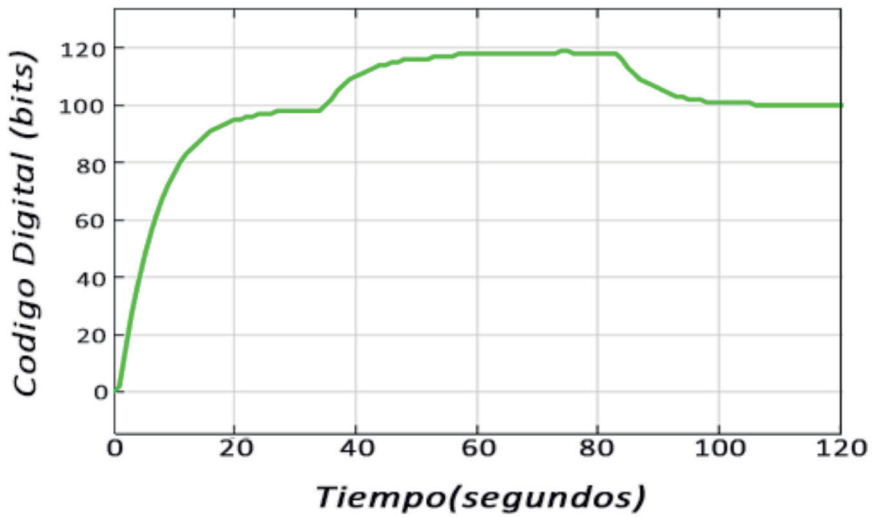
En la señal de salida (Fig. 16) se aprecia que el tiempo de estabilización es de aproximadamente 35 segundos para alcanzar el setpoint, el sobre nivel porcentual es despreciable, y en el punto donde se probó las perturbaciones, se observa una caída de la señal de salida, pero el controlador reacciona compensando las pérdidas, y lleva a la planta al punto de operación. La señal de control que se genera en esta prueba se muestra en la Figura 17.

Figura 16. Respuesta del sistema para un setpoint de 14254 luxes con perturbaciones



Fuente: Autores

Figura 17. Señal de control del sistema para la prueba desarrollada en la figura 11



Fuente: Autores

6. DISCUSIÓN

En las pruebas realizadas con la planta se prueba que el sistema embebido Arduino es una alternativa a la hora de implementar sistemas de control, el control PID aplicado a la planta responde de manera satisfactoria a las órdenes dadas como setpoint, mantiene el punto de operación (Fig. 12, 13, 15 y 16), y ante perturbaciones que se realicen en el sistema (Fig. 16) responde satisfactoriamente llevándola a la planta a estado de trabajo.

La planta que se ha implementado constituye una alternativa a la

hora de realzar ahorro de energía con la iluminación LEDs, esta planta responde manteniendo los luxes en un valor dado por el usuario, con o sin perturbaciones, gracias al controlador que se ha implementado en el sistema embebido.

Con el desarrollo de este proyecto se contribuye al cuidado del medio ambiente ya que el sistema utiliza la mayor cantidad de energía utilizada y hay poco desperdicio de la misma.

7. CONCLUSIONES

En las pruebas que se realizaron escogiendo cualquier punto de operación de la planta, el controlador responde manteniendo al setpoint dado por el usuario, genera valores adecuados en el tiempo de estabilización y no produce sobre nivel porcentual.

El proyecto es una alternativa para disminuir la cantidad de energía eléctrica utilizada en iluminaciones. En los últimos 5 años se han realizado varios experimentos en el que se han utiliza Matlab, elementos de estado sólido de potencia, lámparas fluorescentes y como elemento de control los PLC, lo que ha provoca un alto costo en la implementación de proyectos de control de iluminación, con

el desarrollo de esta alternativa de iluminación se mejora el rendimiento en el consumo de energía, y se abaratan los costos de producción de controladores ya que se ha utilizado un sistema embebido.

Los sistemas embebidos constituyen una alternativa a la hora de implementar sistema de control moderno, el manejo de señales de entrada es adecuado para generar aplicar las leyes de control así mismo se puede manejar de manera adecuada las señales de control industrial, en estas pruebas se demuestra que se los puede utilizar como una alternativa de abaratar costos de producción.

8. REFERENCIAS

- [1] M. Grauyere y P. Hernández, “Lámparas de tecnología led, un ahorro energético”. 2014.
- [2] Y. W. Bai y Y. T. Ku, “Automatic room light intensity detection and control using a microprocessor and light sensors”, IEEE Trans. Consum. Electron, vol. 54, núm. 3, pp. 1173–1176, ago. 2008.
- [3] H. Grossman, “LED driving circuitry with light intensity feedback to control output light intensity of an LED”, US6153985 A, 28-nov-2000.
- [4] G. Cruz y C. Aidé, “Diseño de una red de sensores para control de iluminación basado en lógica difusa”, Thesis, 2014.
- [5] A. Dose, F. Franke, y C. Lima, “Control automático del nivel de luz.”
- [6] J. Pomares y F. Candelas, “Manual de la Práctica 4: Control de iluminacion mediante Arduino”. [En línea]. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11831/4/practica4.pdf>. [Consultado: 27-sep-2016].
- [7] G. Anaya, “Regulador de Intensidad Luminosa”. [En línea]. Disponible en: http://www.portaleso.com/portaleso/trabajos/tecnologia/electro/act_regulador_intensidad.pdf. [Consultado: 27-sep-2016].
- [8] M. Rawashdeh, “BH1750 Digital Light Sensor”, Instructables.com. [En línea]. Disponible en: <http://www.instructables.com/id/BH1750-Digital-Light-Sensor/>. [Consultado: 25-sep-2016].
- [9] K. J. Astrom, “PID Control”, 2002. [En línea]. Disponible en: <http://www.cds.caltech.edu/~murray/courses/cds101/fa02/caltech/astrom-ch6.pdf>. [Consultado: 25-sep-2016].

Humanistic Analysis of Relationship Bioethics-Technoscience, in the Light of the Document: a Reflection of Bioethics for the Technoscience

Análisis humanístico de la relación bioética-tecnociencia, a la luz del documento: una reflexión bioética para la tecnociencia¹

Roberto Briones Yela¹

Abstract: Genre this analysis, in order to enhance the research of P. Guillermo Zuleta, excellent priest but above all Professor to non full letter that guide in the ways of the sense, humanity and transcendence. The article in question discusses the perspective of the believer, but sustaining it, on a purely scientific basis. It starts with human history, a history where the intelligence spread of your environment and placed him at the pinnacle of evolution. In a second time, deals with the subject of rationalism, always prickly, where the author rescues the idea of “evolutionary reason” (understand the process that led to the human being until what we define today as ‘technology’), from where part a deep analysis about the capabilities of man to assume the consequences of their actions. Here we already noticed the structuring of roads seeking to carry the reader toward a science of bioethics based on responsibility from the humans own rationalism and humanism which should characterize it. The work of the p Zuleta, closed brilliantly with a compendium of findings that

more than this, they are reactions to the impasiva reality of the man of today, looking for this, from the condition of being, acting and awoken from the lethargy in which the comfort of modernism has plunged it.

Keywords: Bioethics, principle of non-maleficence, rationalism, technoscience, transcendence

Resumen: Genero este análisis, en aras de potenciar la investigación del P. Guillermo Zuleta, excelente sacerdote, pero sobretodo catedrático a carta cabal non que guía en los caminos del sentido, la humanidad y la trascendencia. Este artículo aborda la perspectiva del creyente, pero sustentándola en bases netamente científicas. Inicia con la historia humana, donde la inteligencia separó al ser de su entorno y lo situó en la cúspide de la evolución. Luego, se aborda el tema del racionalismo, siempre espinoso, donde el autor rescata la idea de “razón evolutiva” (entiéndase: proceso que llevó al ser humano a definirlo como “tecnología”), desde dónde parte un profundo análisis sobre las capacidades

1 Roberto Briones Yela, Docente Investigador de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, doctorando en Filosofía Civil por la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, Colombia; Magister en Educación, mención Gerencia, por la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador; profesor del área Razón y Fe; email: rbrionesy@ups.edu.ec

del hombre frente al asumir las consecuencias de sus acciones. Aquí ya notamos la estructuración de caminos que buscan una bioética, fundamentada en la responsabilidad desde el racionalismo propio de los seres humanos, y el humanismo que lo debe caracterizar. El trabajo del P. Zuleta, cierra magistralmente con un compendio de conclusiones o mejor,

reacciones a la realidad impasiva del hombre de hoy, buscando que este, desde su condición de ser, actúe y despierte del letargo en que lo ha sumergido la comodidad del modernismo.

Palabras Clave: Bioética, principio de no maleficencia, racionalismo, tecnociencia, trascendencia

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es el fruto de un análisis solicitado desde uno de los módulos del doctorado en filosofía que me encuentro cursando. Más que una vía formativa, esta etapa formativa, se ha convertido en un “encontrarme conmigo mismo”. Por ello, en el presente trabajo, intento aterrizar

algunas ideas de lo que implica la bioética en mi constructo mental y su relación con la tecnociencia².

Para generar el mismo, me sirvo del documento titulado: “Una reflexión bioética para la tecnociencia” del P. Guillermo Restrepo³.

2. DESARROLLO

El ser humano fue creado para para pensar libremente y dejar que esa libertad se refleje en sus acciones, aun en un mundo regido por leyes que frenen el libre accionar de las personas. En esa libertad y sobre todo a la hora de tomar decisiones, nuestro cerebro —órgano complejo y aún desconocido para la ciencia— juega un papel importante. Se sabe que la corteza cerebral, madura a lo largo de los años para poder almacenar o procesar mucha informa-

ción, pero no todo queda ahí, sino que siempre busca un por qué a todo lo que hace, sin importar que sea correcto o incorrecto.

Ya lo escribe el P. Guillermo Zuleta cuando afirma que: “La inteligencia es la más alta función biológica humana y su peculiar actividad ha hecho que el ‘medio’ en el que existe y opera el ser humano se convierta en un ‘mundo’, al que consideramos nuestro ámbito de realidad” [1].

2 ND: Técnica-tecnología para mi entender.

3 Doctor civil y canónico en Teología por la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, magíster en Teología: especialidad en Teología Moral por la Universidad Pontificia Gregoriana de Roma, especializado en Bioética -Área de la Biogenética- por el Instituto Louis Pasteur de París y por el Instituto Borja de Bioética de Barcelona (España).

En esta historia, la ciencia y la tecnología aparecen con lo más prehistórico: el descubrimiento del fuego. Y al darse cuenta –el hombre– que era capaz de crear algo que iba contra lo natural, como crear luz en la oscuridad o que calentara en las noches de frío, descubrió lo que implicaba la ciencia, concibiéndola como la manera para encontrar soluciones factibles y prácticas para la vida.

Y así como la libertad humana, estructurada bajo un orden concreto, la ciencia también viene sujeta a límites partiendo de la premisa “La ciencia da poder al hombre” [2], dándole una enorme responsabilidad: discernir qué es correcto y que no –quizás no lo sepa, pero el fuego que se creó con fines de calentar o aclarar las cuevas, también puede ser usado para causar guerras, destruir otros pueblos, etcétera–.

De aquí se empieza a entender que la ciencia debe relacionarse a la ética, como dos horizontes que buscan el bien de los sistemas sociales, y que hoy exigen más de la cuenta, mucho más cuando se ha desatado la brecha tecnológica, y la inmediatez del internet ha invadido cada espacio que nos rodea.

El conocimiento que tenemos tiene un límite, por tanto, al conjugarlo con la ética, entendemos que no todo es bueno o malo, pero también que no siempre las situaciones beneficiarán a todos, sino a unos pocos.

La tecnología, como herramienta, sirve para muchas cosas. Por ello no es que sea mala, lo negativo es que quienes la utilizamos, nos servimos de ella para hacer mal o para volvernos mediocres. Esto ha hecho que se vaya perdiendo la esencia humana: todo lo hacemos con un click o sin mucho esfuerzo gracias a la tecnología, olvidando que el conocimiento –centrado en el cerebro humano–, es la mejor herramienta, y como únicos animales racionales, debemos dar rienda suelta a la razón más que al instinto. Esto implica pensar en el cuidado del medio que nos permite subsistir, así como las costumbres y culturas que determinan el estilo de vida particular que define un lugar de otro. Pensar en el futuro y en el bienestar de los que vendrán, nos hacen más humanos, sensibles y conscientes del lugar y de todo lo que en él ocurre.

Ante el avance potencialmente infinito de la tecnociencia, emerge la Bioética como la ética que se especializa en la defensa de la vida como valor supremo. En este contexto, es necesario estar “moralmente alertas” buscando edificar una sociedad del conocimiento que promueva el sentido de lo humano –tecnología incluida–, para que la tecnología sea un medio y no un fin, para no ser víctima de su propio invento, para que cada ser humano pueda gozar de un futuro mejor, incluyendo a las futu-

ras generaciones en el marco de un desarrollo sustentable.

Como apunta Guevara cuando afirma que:

“Los esfuerzos de la humanidad deben apuntar a hacer ciencia con conciencia, a una reconciliación de los seres humanos con su hábitat, armonizando la dignidad del hombre con la dignidad de la naturaleza, teniendo como base la Ecología Humana” [3].

El hombre, llamado a la trascendencia, pero entendiendo sus limitaciones haciendo eco de ellas en la búsqueda de sentido: “...por más que nos cueste aceptarlo, no somos dioses; y necesitamos saber que este mundo, del que frecuentemente hablamos tan mal, es nuestra obra” [1].

En el marco de la sociedad del conocimiento, se hace necesario que la Bioética cumpla con la función para la que fue ideada: defender la vida. De su calidad, vocación y sentido —a modo de una nueva ética inter e intra-disciplinaria—, se busca asegurar la convivencia armónica y el descubrimiento de valores que dignifiquen al ser humano con su entorno social y natural.

En esta realidad influye la economía. La ética de la vida (*bios*=vida; *ethos*=ética), al igual que el conocimiento científico y tecnológico, se construye socialmente de acuerdo a las circunstancias económicas, polí-

ticas y sociales que se generan en los diferentes ambientes. Lleva la impronta de cada época, de cada cultura y de cada civilización, con base en la interactividad (relación sujeto-objeto y diálogo de saberes) y la intersubjetividad (interacción con otros sujetos con los que se vive en comunidad). En su sentido más amplio, la bioética, a diferencia de la ética médica, no se limita al ámbito médico, sino que incluye todos los problemas éticos que tienen que ver con la vida en general, extendiendo de esta manera su campo a cuestiones relacionadas con el medio ambiente y al trato debido a los animales.

¿Qué implica entonces la responsabilidad frente a esta realidad?, Zuleta afirma que “es la posibilidad de prever los efectos del propio comportamiento y corregirlo; está unida o correlacionada con la ‘libertad’ en cuanto fundada sobre la escogencia que desde ella se realiza” [1], de tal manera que, cuando hablamos de calidad de vida para los seres humanos, están implícitos componentes muy personales, cuya armonización es nuestra responsabilidad como sujetos morales, situados en y hermanados con el mundo, con el que interactuamos racional y afectivamente como integrantes de una comunión hombre-naturaleza, en el ejercicio progresivo de la autonomía libre-relacionada, en reciprocidad de deberes y derechos.

Jonas en su obra sobre el principio de responsabilidad, señala que “el hombre puede pensar que sus intervenciones técnicas sobre la naturaleza son superficiales y sin peligro de sufrimiento para la misma, porque ella misma ejerce los mecanismos para restablecerse (auto-preservación), y que, por ello, cada nueva generación encontrará la naturaleza como la vio la generación anterior” [4].

La responsabilidad del hombre, según esto, no debería tener límites, ergo el hombre tiene el deber moral de velar por el cuidado de la naturaleza y la responsabilidad de garantizar para las generaciones futuras un ambiente adecuado para su desarrollo.

En el caso latinoamericano, Guevara afirma que:

“América Latina debe estar muy atenta respecto a la prevención, control y evaluación de los riesgos químicos y biológicos sobre su población humana y los ecosistemas, inherentes al desarrollo industrial biotecnológico. En general, los países en vías de desarrollo son presa fácil para la industria internacional altamente contaminadora del ambiente debido a su fragilidad legislativa, a la pobreza de sus habitantes y a la corrupción de su clase dirigente. No se puede permitir que nuestros países se conviertan en el basurero de las sustancias tóxicas y de los desechos radioactivos de las naciones industrializadas” [3]. La transferencia de tecnologías nocivas

desde países desarrollados a otros en vías de desarrollo, puede tener consecuencias dañinas para la salud de los trabajadores, sus familiares y los habitantes en general, pues donde se instaure la tecnología nociva existirán siempre riesgos en el equilibrio del sistema ecológico, ya que, en muchas ocasiones, los procesos transferidos a países en vías de desarrollo incluyen sustancias tóxicas no biodegradables.

Asimismo, las autoridades de nuestros países, deben tomar en cuenta el principio de no maleficencia –abstenerse intencionadamente de realizar actos que puedan causar daño o perjudicar a otros como un imperativo ético válido para todos, no sólo en el ámbito biomédico sino en todos los sectores de la vida humana–, al momento de admitir procesos productivos potencialmente nocivos, haciendo una evaluación de riesgos y beneficios, intentando conciliar el imperativo de respeto a la dignidad de la persona humana, el principio de autonomía entendido como ejercicio de libertad con responsabilidad y asunción de las consecuencias que se derivan de las decisiones tomadas, el derecho de todo ser humano a trabajar en condiciones adecuadas y a disfrutar de un hábitat saludable.

La tecnociencia, guiada por la mano invisible del mercado, podría terminar sustituyendo a Dios, prescindiendo del homo sapiens para

dar relevancia al *homo economicus*; es decir, el ser humano puesto en la encrucijada de autodestruirse con la tecnociencia, si esta sigue siendo un fin en sí misma o utilizada como medio para su autorrealización.

De esto que los once artículos elaborados por Zuleta pretendan presentar una propuesta de equidad entre grupos sociales, entre territorios y entre las generaciones actuales y futuras, por lo cual se convierten en paradigma válido para el análisis integral de las sociedades humanas en general.

En esa búsqueda de “ser más”, antes que “tener más”, el desarrollo del hombre parte de una visión en comunión con los Derechos Humanos, siendo el objetivo central la libertad.

Y puesto que la materialización de una vida buena y armónica con el entorno pasa porque el sujeto sea libre para tomar sus decisiones, respetándose y respetando al otro, sin hacer daño y preservando el ambiente; se acentúa que las personas son el centro de todos los esfuerzos destinados a conseguir la prosperidad de un país o sociedad como agentes y destinatarios de todo esfuerzo, económico, social y cultural.

La Bioética, entonces, es un imperativo moral en la búsqueda de la supervivencia de nuestra especie en cuanto personas, “...y su mundo no son solamente ‘facticidad actual’ sino también ‘potencialidad’; situación actual y posible expresión son una única realidad confiada al hombre, como persona-en-el-mundo”⁴

3. CONCLUSIONES

Concuerdo totalmente con el P. Guillermo Zuleta cuando afirma que el hombre, “Como ser histórico no puede actuar estáticamente ya que tiene siempre un futuro donde proyectarse y en el momento de proyectar éste futuro debe tener presente su tarea más específica: realizar su propio ‘yo’, el mundo humano y la realidad material que está a su servicio”

Reconozco que dicha tarea encierra más de un reto, pues la socie-

dad de hoy poco o nada piensa en el yo –excepto de manera egoísta y vanidosa–, el mundo o la realidad que lo engloba. Más bien lo que impera, es el deseo de tener sobre el deseo de vivir, el poseer sobre el donarse y el ganar por sobre el ser.

Una idea que desde hace mucho, ronda en mi mente, es; desde la filosofía, generar propuestas pedagógicas que respondan a los requerimientos de la sociedad actual.

4 IDEM, 445

Buscando aterrizar dicha idea, he encontrado en la filósofa española María Zambrano, una luz desde su razón poética.

Esto implica necesariamente, la ruptura de viejos paradigmas y el nacimiento de nuevos.

El compendio de conclusiones que cierra este trabajo del P. Zuleta, son reacciones a la realidad “impasiva” de este hombre de hoy, buscando que, desde su condición de ser, actúe y despierte del letargo en que lo ha sumergido la comodidad del modernismo y genere nuevas propuestas en beneficio de él.

4. REFERENCIAS

- [1] G. Zuleta, “Una reflexión bioética para la tecnociencia”. Escritos, 433-447, 2016.
- [2] E. Holmes, “La ciencia de la Mente”. New York: Science of Mind Publishing, 1988.
- [3] H. Guevara, “Bioética, Calidad de Vida y Tecnociencia en el mundo globalizado”. Universidad de Carabobo, 27-32, e. 2008.
- [4] H. Jonas, “The imperative of responsibility: in search for an ethics for the technological age”. The University of Chicago Press, 67-75, 1984.

Regulation of Lighting in Environments With Random Factor of Light Incidence Using the Control of Light Emitting Diodes

Regulación de iluminación en entornos con factor
de incidencia lumínica aleatorio mediante el control
de diodos emisores de luz

Nino Vega¹, Manuel Romero², Miguel Heras³, César Chalén⁴

Abstract: The following document details the design and development of a plant that controls the light incidence through a PID controller, for the development it has been used software tools, communication tools, a smart sensor, an embedded system, a power circuit and the control software, it was possible to control the level of luminance in the project through a computer that made possible to monitor the signals of the process, for the calibration of the Controller it was necessary to obtain the mathematical model for which strategies for the identification of systems were used.

Keywords: Control, Lighting, Embedded Systems, Data Acquisition, Model Identification.

Resumen: El siguiente documento detalla el diseño y elaboración de una planta de control de incidencia luminosa mediante un control PID, para el desarrollo de la misma se ha utilizado herramientas de software, comunicación, sensor inteligente, un sistema embebido, un circuito de potencia y el software de controlador, se logró realizar el control del nivel de iluminancia en la planta desde un ordenador, en el cual es posible monitorear las señales del proceso. Para la calibración del controlador fue necesario obtener el modelo matemático para lo cual se utilizó estrategias de identificación de sistemas.

Palabras Clave: Control, Iluminación, Sistemas Embebidos, Adquisición de Datos, Modelo Identificación.

1 Nino Vega U, Grupo de Investigación de Procesos Industriales de la Universidad Politécnica Salesiana, nvega@ups.edu.ec

2 Manuel Romero, investigador de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec

3 Miguel Heras, investigador de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, miguel.heras@cu.ucsg.edu.ec

4 César Chalen, investigador de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, cesar.chalen@cu.ucsg.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

El control de iluminación constituye una herramienta, para el ahorro energético, sin embargo, a nivel académico se carece de instrumentos para el estudio empírico de sistemas de este tipo.

A nivel académico es importante que los estudiantes tengan un contacto directo con el fenómeno estudiado. Por este motivo se presenta, la elaboración de un proyecto que ofrece, la posibilidad de realizar pruebas de control de iluminancia con la cual se puede realizar observaciones y elaborar conclusiones respecto al fenómeno estudiado.

El presente trabajo también cumple con los objetivos de los proyectos: “*A design of LED adaptive dimming lightning system base don incremental PID controller*” de la universidad de tecnología electrónica de Guilin [1] en el 2010, y la investigación de tema “*Design and implementation of White LED lighting automatic control system*” de los autores Fashan Yu, Mingyie Zong y Xifang Tian[2] presentado en el año 2012, de realizar un control óptimo de la cantidad de luxes en un ambiente, pero adicionalmente, se lo ha construido una planta con fines didáctico, por tal motivo, da la posibilidad de interactuar con el usuario, en el cual se puede seleccionar el punto de operación, cam-

biar los parámetros del controlador y visualizar las señales de respuestas del sistema tales como: señal de entrada, salida y la señal de control, adicionalmente se pueden realizar simulaciones de perturbación a la planta.

En el trabajo publicado en el año 2014 de tema “*FPGA-based high precision illumination measurement system: a prototype development and evaluation*”[3] se desarrolla un proyecto que busca reducir el uso de luz, para ello se desarrolla un sistema de medida basado en una tarjeta FPGA, en la actualidad hay tarjeta, que pueden dar mejores prestaciones, así como, también son fáciles de programar, en este documento se da a conocer que el sistema desarrollado se lo ha implementado sobre un sistema embebido como son los Arduino, los cuales son de bajos costos y tienen una velocidad de repuesta bastante bueno para realizar control industrial, por lo cual este proyecto en una alternativa de planta de bajo precio y de fines didácticos.

Se ha desarrollado una aplicación para el control automático de incidencia luminosa en un entorno delimitado y susceptible a perturbaciones que deberán provocar una reacción de ajuste por parte del sistema de control.

Se ha elaborado un dispositivo capaz de obtener información respecto a la iluminación en el área objetivo mediante un sensor; se procesa sus datos y se realiza ajustes de acuerdo a un controlador PID programado en un sistema embebido. Para esto, se ha utilizado un hardware, el cual, está constituido por

diversos elementos, y un *software*, en el que se ejecutan la acción de control PID.

En la elaboración del dispositivo se buscó construir un sistema para el estudio de sistemas de control continuo en una planta sin retardo; específicamente, una planta de iluminación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La planta está conformada por un circuito de potencia, actuadores en la forma de diodos emisores de luz blanca, una fuente de voltaje, un sensor bh1750 y un sistema embebido Arduino nano (Fig. 1).

Circuito de Potencia

El circuito de potencia se encuentra en la parte superior de la planta (Figura 1), se conectan a este: la fuente de alimentación, el sistema embebido Arduino, y el grupo de los diodos LEDs (actuadores). En la figura 14 se muestra el plano eléctrico del mismo en el que se puede observar que utiliza como elementos de fuerza transistores BJT y Mosfet.

Actuadores

La fuente de iluminación está conformada por un total de diez diodos emisores de luz, entre los diodos que controlan la iluminación y los utilizados para simular pertur-

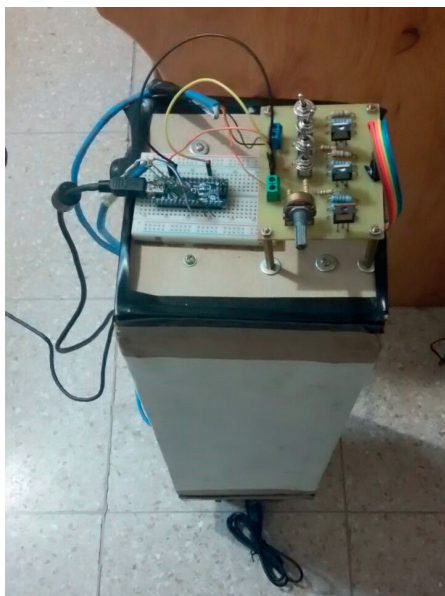
baciones, estos se encuentran ubicada en la parte superior e interna de la planta, y está conectada al circuito de potencia mediante un grupo de conductores.

Los diodos que se han utilizados son de 10mm de diámetro cada uno, generan luz blanca, tienen un voltaje de operación de hasta 2 v y conducen una corriente máxima de 0.08 A.

Fuente de Voltaje

La fuente de voltaje está conformada por: un transformador de 120 / 12 voltios, un rectificador de onda completa puente de Graetz, un fusible para protección y tres reguladores de voltaje, los cuales son 12 y 5 voltios, usadas para la alimentación de la planta.

La fuente se encuentra en la base de la planta desde donde se conecta a una fuente de 120 AC y desde la cual salen conectores para el circuito de potencia.

Figura 1. Planta de incidencia luminosa

Fuente: Autores

Sensor BH1750

El sensor bh1750, es un sensor digital de iluminación ambiental con un rango de hasta 65535 iluminancia(lx), capaz de convertir los valores de iluminancia a un formato digital y enviarlos mediante un bus I2C.[4]. El sensor utilizado para la medición de la variable de salida del sistema, posee cinco pines, los cuales corresponden a alimentación, datos y direccionamiento.

El sensor se encuentra en la parte inferior e interna de la planta donde recibe iluminación de los actuadores y se conecta a la tarjeta Arduino para el envío de los datos de los valores de la variable medida[5].

Sistema embebido Arduino

El sistema embebido Arduino está basado en el microcontrolador ATMEGA 328. Posee entradas y salidas análogas que permiten usarlo como medio de transmisión de datos entre la computadora y la planta, permitiendo su control.

La tarjeta Arduino está situada en la parte superior de la planta, junto al circuito de potencia, l cual va conectada a: el computador para intercambio de datos, al sensor que realiza la lectura del estado de la planta y al circuito de potencia para enviar la señal de control.

3. MODELADO DE LA PLANTA

Para el desarrollo de cualquier sistema de control, se deben determinar un modelo matemático, que permitan realizar simulaciones para conocer el comportamiento de la planta y también con este se pueda realizar la calibración de los parámetros de los controladores a implementar.

Por lo general, el modelo de una planta depende de los elementos que la conforman; así como de la definición de las variables de entradas y salidas del sistema.

En el caso de control de incidencia luminosa analizado en este documento, puede partirse del principio de conservación de la energía (ecuación 1) de acuerdo al cual [6]:

Flujo luminoso emitido = Flujo luminoso recibido (1)

Siendo el flujo luminoso es la medida de la potencia luminosa emitida por un cuerpo, su unidad es el lumen (lm). El flujo luminoso corresponde a la intensidad luminosa de dicho cuerpo por cada estereoradian (medida de un ángulo esférico); la misma que, medida en candelas (cd), equivale a 18,40 mW.

La “incidencia luminosa” se refiere al flujo luminoso en un área determinada medida en metros cuadrados y su medida es el lux (lx). El

flujo luminoso sobre el total de las superficies sobre las que incide, es igual al flujo luminoso emitido por una fuente de iluminación; pero la incidencia luminosa no es necesariamente igual en cada uno de dichas superficies. La ecuación 2 describe la incidencia luminosa.

$$L_x = I_m / m^2 \quad (2)$$

En la planta elaborada, el principal factor que afecta a la incidencia luminosa es la distancia entre la fuente de iluminación y el sensor.

De acuerdo a la ley del cuadrado de la distancia, la incidencia luminosa (E) es directamente proporcional a la intensidad luminosa (I) e inversamente proporcional a la distancia que separa la superficie iluminada de la fuente (r). La ecuación 3 corresponde a la ley

$$E = \frac{I}{r^2} \quad (3)$$

En la planta elaborada, la distancia entre la fuente de iluminación y el sensor es de aproximadamente 50 cm. [7].

La intensidad luminosa en cambio, es producto del voltaje, y, principalmente, de la corriente que circula por cada diodo emisor de luz. Estos parámetros, a su vez, son resultado de una señal eléctrica de control producida mediante modu-

lación por ancho de pulso (PWM), cuyo ciclo de trabajo, depende del valor de un número de 8 bits; dicha señal de control, es amplificada para operar los diodos. El ciclo de trabajo de la señal de control, determina niveles equivalentes de corriente continua; regulando así la intensidad luminosa producida. Por tanto, la intensidad luminosa de los diodos, está determinada por el valor del número de 8 bits.

Sin embargo, resulta difícil determinar los valores de intensidad luminosa total que corresponden a un determinado valor de la señal de control, debido a que se desconoce la relación entre corriente e intensidad luminosa producida por cada uno, o por el conjunto de los diodos emisores de luz que componen la fuente de iluminación, se puede utilizar la metodología de [8] para determinar la ecuación característica de la planta en la que se toman datos experimentales para varios puntos de operación en lazo abierto y con esto se obtiene un polinomio característico del sistema, en este proyecto se utiliza la metodología de identificación para obtener el modelo.

Obtención de Modelos Matemáticos

La ecuación característica de la planta se la realizó identificando el sistema, para esto, es necesario obtener datos de la planta real, tan-

to de la entrada como salida de la misma, se ha utilizado una señal de prueba, de tipo cuadrada, a la cual se le cambia el ancho de pulso en pasos de 5, lo que provocaba, que el voltaje DC que toman los actuadores(LEDs) crezca desde 0 a 12 voltios, cuando llegaba al valor máximo el ancho de pulso se reduce en pasos de 5, con lo cual se hacía que el voltaje DC decrezca de 12v a 0 voltios, provocando una especie de señal tipo triangular del voltaje DC aplicado a los diodos, con este efecto, se almacenaron los datos para realizar la identificación del sistema.

1) Adquisición de datos

Para realizar la adquisición de datos se desarrolló un algoritmo, el cual enviaba una señal de prueba a la planta, y luego se tomaba los datos de repuesta que daba el sensor de la misma en formato de 8 bit, se guardar la información para luego utilizarla en la identificación del sistema.

El código utilizado en el software Arduino IDE para este fin se muestra a continuación: [9]

```
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
BH1750 Luxometro;
```

En primer lugar, se declaran las librerías y el elemento sensor a utilizar.

```
int led = 9;
int brightness = 0;
int fadeAmount = 5;
```

```

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Luxometro.begin(BH1750_CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE);
  pinMode(led, OUTPUT);
}
void loop() {
  analogWrite(led, brightness);
  brightness = brightness + fadeAmount;
  if (brightness == 0 || brightness == 255) {
    fadeAmount = -fadeAmount;
  }
  uint16_t lux = Luxometro.readLightLevel();
  //Realizamos una lectura del sensor
  //Serial.print("Luz(iluminancia): ");
  Serial.println(lux);
  // Serial.println(brightness);
  delay(50);
}

```

Donde “lux” corresponde a los valores del sensor y “brightness” al valor de la señal de control. Posteriormente, se utiliza el software matlab para almacenar los datos en variables tipo matriz que puedan ser utilizadas para definir la función de transferencia.

Para la adquisición de datos es necesario elaborar un código en matlab usando comunicación serial y almacenando los datos en dos variables diferentes para este efecto, se utilizó los comandos mostrados a continuación:

```

%borrar previos
delete(instrfind({'Port'},{'COM4'}));
%crear objeto serie

```

```

s = serial('COM4','BaudRate',9600,
'Terminator','CR/LF');
warning('off','MATLAB:serial:fscanf:unsuccessfulRead');
%abrir puerto
fopen(s);
tmax = 100;
rate = 160;
% inicializar
v1 = zeros(1,tmax*rate);
i = 1;
t = 0;
tic
while t<tmax
  t = toc;
  %leer del puerto serie
  a = fscanf(s,'%d');
  v1(i)=a(1)
  %% %% seguir
  i = i+1;
end
% resultado del cronometro
clc;
fprintf('%g s de captura a %g cap/s\n',t,i/t);

fclose(s);
delete(s);
clear s;

```

Las variables en las que se almacenan los datos se le da el nombre “lux” y “v1”, que corresponden a los datos de salida y de entrada respectivamente.

2) Función de transferencia

Para obtener la función de transferencia se utilizó la herramienta “*system identification*” del software matlab. El cual requiere el ingreso de los datos de la entrada y salida de la planta que se obtuvieron du-

rante la prueba y también el tiempo de muestreo utilizado.[10]

Se procede a valorar la función de transferencia, seleccionando el número de polos y ceros a utilizar para estimar la ecuación de la planta se ha seleccionado una planta de un polo y que no tenga ceros

La función de transferencia finalmente obtenida corresponde a la ecuación (4).

$$G(s) = \frac{24.48}{s + 4.832} \tag{4}$$

4. SIMULACIONES

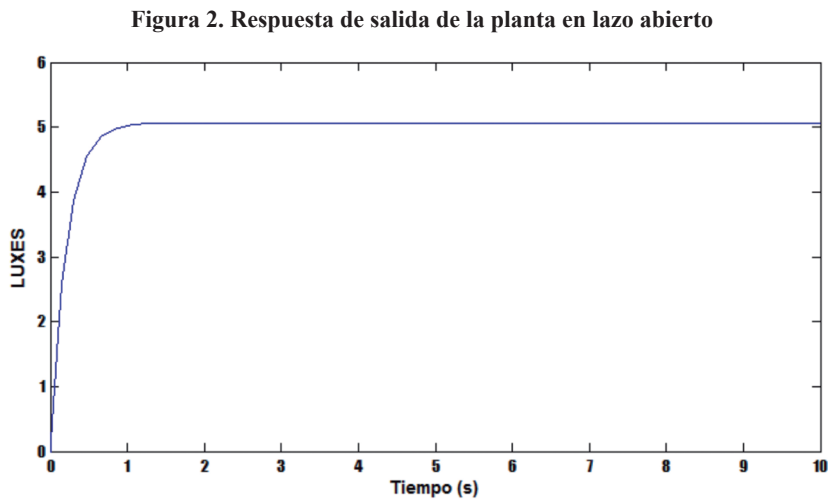
Para las simulaciones realizadas, se ha utilizado el software de Matlab/ Simulink. Se usa la función de transferencia (ecuación 4) de la planta.

3) Ecuación de balance bits-iluminancia

A partir de la función de transferencia y mediante transformadas de Laplace inversa, es posible obtener una ecuación que relaciona los bits de la señal de entrada con la incidencia luminosa captada por el sensor. La ecuación 5, es el resultado del proceso descrito.

$$5 * bits = \frac{dlx}{5dt} + lx \tag{5}$$

En una primera prueba se le aplica una señal paso de magnitud uno, en lazo abierto, la respuesta de la misma se muestra en la figura 2.:



Fuente: Autores

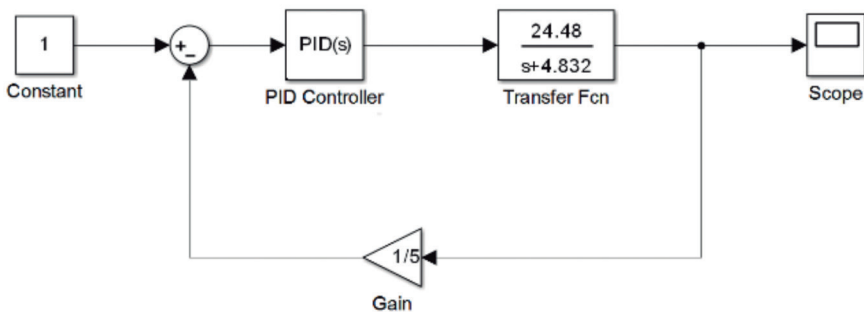
En esta prueba se observa que el tiempo de estabilización correspondiente es de 1 segundo y es una planta estable, la cual se fija en un valor de 5 luxes.

Se realiza también una simulación de la planta en lazo cerrado (Figura 3) con un controlador PID, a la prueba de simulación se le aplica una entrada paso de magnitud uno, los resultados se observan en la figu-

ra 4, el tiempo de estabilización es de aproximadamente 3,5 segundos y no tiene sobre nivel porcentual. Las constantes de control fueron calibradas para este tiempo de estabilización, el cual nos permita observar las variaciones de iluminación de la planta en estado transitorio.

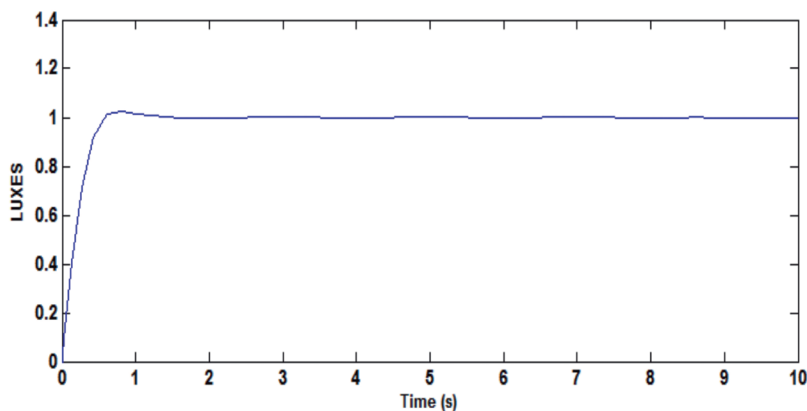
Las constantes que se ajustaron para el control PID fueron: $K_p=0.13344$, $K_i=1.0861$ y $K_d=0$.

Figura 3. Diagrama de bloques del sistema con control PID



Fuente: Autores

Figura 4. Señal de Salida de la planta obtenida por simulación en lazo cerrado



Fuente: Autores

5. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El funcionamiento de la planta se divide principalmente en dos partes, el sistema de control y el circuito de potencia.

Sistema de Control

El sistema de control lo conforman: el sistema embebido Arduino, que es usado como interface de lectura y escritura, el software matlab/Simulink y el sensor bh1750 el cual basa su funcionamiento en un foto-diodo y un conversor análogo-digital, envía los valores de la variable de salida a través de comunicación I2C hacia la tarjeta Arduino; la misma deberá realizar la lectura de los datos y enviarlos como un número de 8 bits hacia el pc a través de comunicación serial RS-232. [10].

Para lograr el envío y recepción de los datos en Arduino, se desarrolló un programa cuyas líneas de código se presenta a continuación:[11]

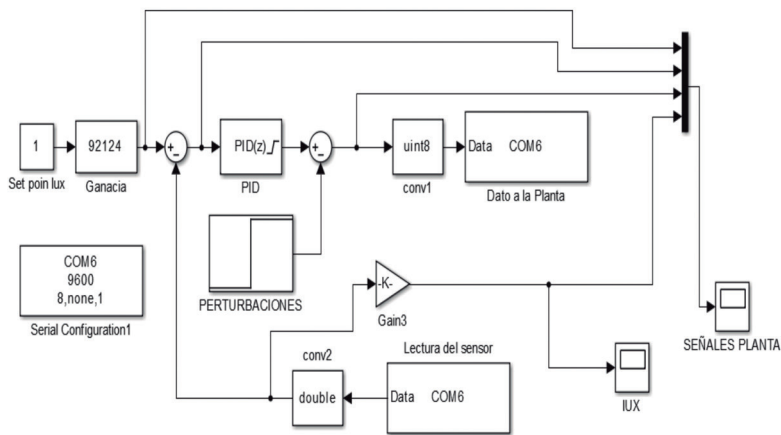
```
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
unsigned long tempo;
BH1750 Luxometro;
int led = 9;
int stpoint=0;
int brightness = 0;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Inicializando sensor...");
  Luxometro.begin(BH1750_CONTINUOUS_HIGH_RESOLUTION_MODE); //inicializamos el sensor
```

```
pinMode(led, OUTPUT);
}
void loop() {
  uint16_t lux = Luxometro.readLightLevel();
  //Realizamos una lectura del sensor
  lux = map(lux, 0, 1275, 0,255 );
  Serial.write(lux);
  tempo=millis();
  if(Serial.available()){
    stpoint= Serial.read();
    if (tempo >1000)
    { analogWrite(led, stpoint);
    }
  } delay(20);
}
```

El programa en Simulink realiza la captura del dato que da el sensor, mediante el bloque de comunicación Arduino Matlab, los convierte en un valor de 16 bit y este valor, lo resta con la referencia establecida, la respuesta se la aplica al bloque del control PID en el que se colocan las variables k_p , k_i y k_d obtenidas previamente la respuesta de este bloque se convierte a código PWM de 8 bit y se lo envía a la planta como acción de control[12]..

En el diagrama de bloque se presenta en la Figura 6, se ha colocado un saturador en el sistema por la limitante del circuito de fuerza. Para provocar las perturbaciones en el controlador, se ha colocado un segundo bloque con un sumador para realizar perturbaciones a la entrada de la planta (Fig 5).

Figura 5. Modelo en Simulink para el control de la planta



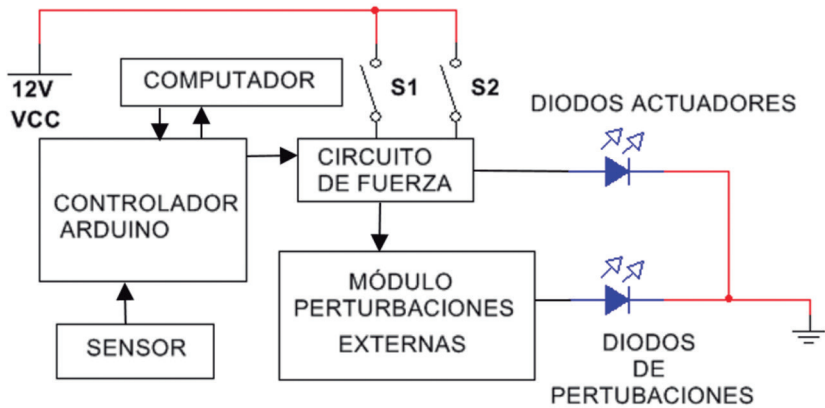
Fuente: Autores

Circuito de Potencia

La función principal de el circui- to de potencia es la de amplificar la señal de control; adicionalmente, se puede producir perturbaciones me- diante la activación de un conjunto

de cuatro leds regulados mediante un potenciómetro y un transistor de efecto de campo, o mediante la desactivación de parte de los diodos que conforman el elemento actua- dor (Fig 6).[13].

Figura 6. Circuito Eléctrico del sistema de control



Fuente: Autores

El circuito está alimentado por una fuente de 12v, utilizada para alimentar la parte de potencia de los LEDs, una fuente de 5v la misma que alimenta los diodos que se usan para perturbación. Los interruptores S1 conmuta la señal de control, S2, una señal de perturbación que provenga de una señal PWM externa, S3 y S4 conmutan la alimentación a los diodos que conforman el actuador. Los transistores Darlington TIP 120 [14] amplifican la señal de control en código PWM, convirtiendo-

la en una señal modulada por ancho de pulso de entre 0 y 12 v. Los resistores colocados en serie con los diodos permiten limitar la corriente que circula por ellos[12],[15].

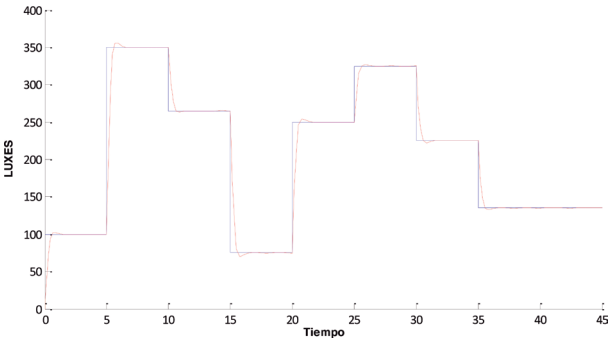
Los diodos utilizados para realizar la perturbación están controlados mediante el conjunto de un potenciómetro y un MOSFET, el primero eleva o disminuye el valor de voltaje en la compuerta del transistor; y con esto se incrementa o disminuye la intensidad de la corriente que pasa por los diodos [16].

6. RESULTADOS

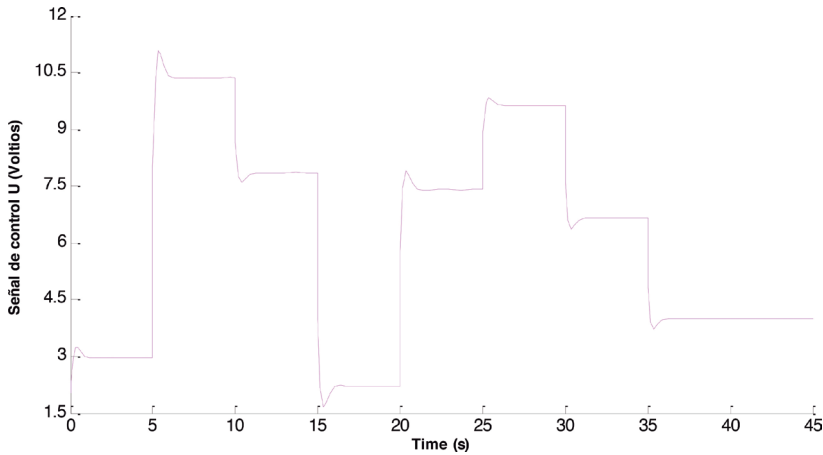
Una vez implementado el hardware y el software del controlador se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento en la planta real. En la Figura 7 se muestran las pruebas realizadas, se hizo operar la planta por distintos puntos de operación 20,70,55,15,53,66,48 y 28 luxes en la respuesta de la planta se obser-

va que responde con un tiempo de estabilizacion de aproximadamente 2 segundos en los cambios de setpoint y no presenta sobre nivel porcentual, en las figuras 7 y 8 se presentan los resultados de la señal de salida de la planta, y la señal que se genera en el controlador PID respectivamente.

Figura 7. Pruebas De Funcionamiento de la Planta con el controlador PID



Fuente: Autores

Figura 8. Señal de control del para las pruebas de la figura 7 controlador PID

Fuente: Autores

7. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del proyecto fue posible elaborar un sistema de control sobre una planta real; se realizaron pruebas que demuestran que el diseño e implementación de la planta, así como el sistema de control responde de acuerdo a lo que se había planteado.

Se ha construido una planta que permite incursionar en el análisis de controladores PID, con la variable lúmenes: Se ha probado en el diseño que un controlador PID funciona de manera óptima, ya que,

el sistema responde adecuadamente manteniendo el setpoint dado por el usuario, como se evidencia, en las simulaciones desarrolladas, y en las pruebas ejecutadas en la planta.

En la elaboración del dispositivo se construye un sistema para el estudio de sistemas de control continuo en una planta sin retardo, la misma que controla la iluminación con Leds.

El costo del sistema desarrollado es bajo, se ha utilizado elementos que abaratan la implantación del mismo.

8. REFERENCIAS

- [1] H. Xiangyan, "A design of LED adaptive dimming lighting system based on.pdf".
- [2] F. Yu, "Design and Implementation of White LED.pdf".
- [3] Y. Xiuzeng, "FPGA-based High Precision Illumination Measurement.pdf".
- [4] ROHM semiconductors, "bh1750fvi-e.pdf".
- [5] Y. Gao, "a design of low cost illuminometer with multiple functions".
- [6] J. Antó, N. Tomás, "Óptica Instrumental", Ed. UCP, 2006, disponible en <http://fis.ucv.cl/docs/FIS-031/luminosidad.pdf>.
- [7] A. Villamarin, "Estudio de la iluminancia en función de la distancia de leds de alta luminosidad".
- [8] N. Vega, W. Agila, P. Parra "Gain scheduling Adaptative Control, Implemented in an Embedded System".
- [9] J. García Tíscar, "Arduino + Matlab: adquisición de datos," 15, julio, 2011.
- [10] F. Avila, "Paper PID fuzzy.pdf".
- [11] J. García Tíscar, "Arduino + Matlab / Simulink: controlador PID," 11, julio, 2011.
- [12] J. Escrivá Arlandis, "Control de velocidad de un motor DC mediante la utilización de un sensor magnético y microcontrol.pdf".
- [13] J. Ramon T. Salinas, "PIC32 10 PWM.pdf".
- [14] FAIRCHILD semiconductors, "TIP120.pdf".
- [15] F. Gonzalez-Longatt, "Modulación de Ancho de pulso una introducción 02.pdf".
- [16] VISHAY electronics, "sihf510.pdf".

ICT in the Teaching: an Introspective in Salesian University

Las TIC en el proceso de enseñanza: una introspectiva a la Universidad Politécnica Salesiana

Carlos Ernesto Gavilondo Rodríguez¹, María Isabel Del Pino Pérez²

Abstract: The article shows the results of an inquiry conducted on the use of ICT as an alternative in the teaching of theoretical subjects in the formation of social communicator held at the Salesian Polytechnical University of Ecuador. It investigates the use of technology in the classroom sessions with emphasis on theoretical subjects where the reflective processes that occur in theory and practical interaction are valued. The advantages warns that this support teaching processes that are based on the same identifying differences between scientific and educational video for better understanding listed. The research is supported from the matrix qualitative exploratory-descriptive. The objective is oriented to know and understand how they can contribute ICT in the teaching-learning process. As part of the findings is evidence that the use of video has grown in different educational levels and revealingly in university education. One result is expressed from the conception that ICTs are very useful but its use goes through the economic factor.

Keywords: Social communication, video, pedagogy, teaching, learning.

Resumen: El artículo exhibe los resultados de una indagación realizada acerca del uso de las TIC como alternativa en el proceso de enseñanza de materias teóricas en la formación del comunicador social llevado a cabo en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador. Se investiga acerca del uso de las tecnologías en las sesiones de clases haciendo énfasis en materias teóricas desde donde se valoran los procesos reflexivos que se producen en la interacción teoría-práctica. Se señalan las ventajas que este soporte advierte a los procesos de enseñanza que se sustentan en el mismo identificando las diferencias entre el video científico y el didáctico para su mejor comprensión. La investigación se respalda desde la matriz cualitativa de tipo exploratoria-descriptiva. El objetivo se orienta a conocer y entender cómo pueden contribuir las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje. Como parte de las conclusiones se evidencia que el uso del video se ha acrecentado en diferentes niveles formativos y de manera reveladora en la formación universitaria. Uno de los resultados se expresa desde la concepción que las TIC son muy útiles pero su empleo transita por el factor económico.

Palabras Claves: Comunicación social, video, pedagogía, enseñanza, aprendizaje.

1 Docente investigador Universidad Politécnica Salesiana perteneciente al grupo de investigación en Comunicación e Interculturalidad, GICOI, cgavilondo@ups.edu.ec

2 Especialista en Pedagogía, Instituto Cubano de Radio y Televisión, delpinoperez@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La propuesta que se presenta tiene su génesis en una investigación previa realizada con el objetivo de estudiar los fenómenos relacionados con la producción de videos científicos y, desde esa perspectiva, realizar un acercamiento teórico. Para el estudio y comprensión acerca de cuánto aporta el empleo del video en los procesos formativos, centrados en el nivel superior de enseñanza se toma, como objeto de estudio, a dos materias que integran la malla curricular de la carrera de Comunicación Social en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Ecuador. Las asignaturas seleccionadas son Teorías de la Comunicación I y Video I. La primera materia mencionada se ubica en el segundo ciclo de enseñanza y la segunda en el quinto ciclo de ocho establecidos para la formación integral del estudiante. En los dos casos el contenido curricular de la materia está segmentado en cuatro unidades básicas desde donde se organiza el proceso de enseñanza. Teorías de la Comunicación I se ubica dentro del área básica de conocimientos mientras que Video I se ubica en el área profesional. La colocación de la carga horaria, de estas dos materias, se corresponde con cuatro horas semanales por interciclo

(dos interciclo por semestre) que se representan en dieciséis encuentros por interciclo (los interciclos tienen una duración aproximada de cuatro semanas cada uno). Las dos materias están consideradas como teóricas lo que implica, por su carga de contenidos, un ritmo elevado de clases para lograr el equilibrio académico y el cumplimiento de lo establecido dentro del plan analítico de la materia. Vale mencionar que los estudiantes tienen, durante todo el período de formación, una carga significativa de trabajo académico. Desde la perspectiva de análisis y valoración de la carga académica se coincide con [4] cuando expresan que en muchas ocasiones esto va en contra de lo que se entiende como aprendizaje significativo. Lo anteriormente planteado impuso la necesidad de trazar un diseño innovador en el proceso de enseñanza de las dos materias que advirtiera, por una parte, la ayuda a los estudiantes en la retención de conocimientos necesarios y, por otra, que facilitara la manera de impartir el volumen teórico de la asignatura. Durante el período de investigación fue necesario el análisis de los planes analíticos de las dos materias donde se refleja, además de los contenidos a tratar como parte de la formación profesional, la meto-

dología a seguir para su aplicación. Para el estudio y análisis de los programas de las materias la investigación se apoya en lo que plantea [2] investigadora de la universidad de los Andes Táchira, cuando enuncia que el otro debate importante que se ha planteado en relación con la educación y las NTIC es la controversia entre conductismo y constructivismo que se ve reflejada en los diferentes enfoques que asumen las universidades al momento de incorporar estas tecnologías.

Si se asume esa mirada se señala, entonces, que en el caso de las dos materias estudiadas se coincide con [2] cuando, desde su perspectiva teórica investigativa, expone que la mayoría de las universidades se hacen eco de una estrategia mixta utilizando las ventajas de ambas perspectivas y las enumera de la siguiente manera: la primera para los aspectos de tipo organizativo (definición de la estructura del curso, enunciación de objetivos, manejo de las evaluaciones) y la segunda para el manejo de

los aspectos eminentemente académicos (definición de estrategias de interacción y de las actividades individuales y grupales que contribuirán al logro de los objetivos).

La pregunta de investigación se esboza de la siguiente manera: ¿cómo pueden contribuir las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje? El objetivo general de la investigación se orienta a conocer y entender cómo pueden contribuir las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje. Se utiliza la matriz de investigación cualitativa de tipo exploratoria-descriptiva. Se ocupa este paradigma pues, al decir de Bernal (2010), ver [6], mediante la aplicación de los métodos y procedimientos cualitativos el investigador asume con mucha libertad el rastreo de la información. Para la recolección y análisis de los datos necesarios la investigación se apoyó en los siguientes métodos y técnicas de investigación: revisión bibliográfica, análisis de documentos y de contenidos y la observación.

2. METODOLOGÍA

El momento en que se presenta la investigación coincide con el final del período de clases número 48, donde se aplicó la propuesta, pero la observación se viene realizando desde el período 45 que se corresponde con un tiempo de 12

meses de estudio. Para sugerir la necesidad de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas dos materias para las dos partes actorales, (estudiantes y profesores), se realiza la observación del fenómeno y su desarrollo dentro del aula

teniendo como referente de varios años de trabajo e investigación el hecho de que las materias que se fundamentan en estudios teóricos no han sido, nunca, de las más apreciadas por los estudiantes. Se identificó, como parte de la observación, la pereza de los estudiantes en cuanto al trabajo de investigación, lectura y comprensión de textos y, como algo relevante, el hecho de que muchos de los estudiantes se acercan a la carrera con falsas expectativas en cuanto a la formación profesional del comunicador y su función dentro de la sociedad. Este contexto, conocido desde la observación y utilizando la técnica de encuesta, impone la necesidad de crear alternativas para facilitar el proceso.

En el año 1998 Ayuste, Flecha, López, & Lleras como se citó en [4] enumeran los cuatro pilares en los que se asienta la práctica de los procesos de innovación en el diseño educativo y los exponen de la siguiente manera: el aprendizaje por proyectos, el aprendizaje colaborativo apoyado en herramientas virtuales, la tutoría individualizada y los procesos mixtos de evaluación. El estudio que se presenta se apoya, fundamentalmente, en dos de ellos que son el aprendizaje colaborativo apoyado en herramientas virtuales y los procesos mixtos de evaluación. En términos referidos a la metodología de clases se acota que en el

caso de la materia Video I, considerada como teórica, se varió el proceso de evaluación de contenidos. La variación se centró en sustituir el ensayo académico, que está establecido que se realice, por un ejercicio práctico desde donde se evalúen los contenidos teóricos de la materia. El ensayo, como ejercicio académico para la evaluación de contenidos, está presente en varias de las materias de la carrera por ello se considera no necesario en una asignatura que, aunque se defina como teórica, tiene gran parte de su contenido desde la práctica. Se describe, a continuación, como se ejecutó el proceso. El aprendizaje en ambientes colaborativos busca propiciar espacios en los cuales se dé el desarrollo de habilidades individuales y grupales a partir de la discusión entre los estudiantes en el momento de explorar nuevos conceptos, siendo cada persona responsable de su propio aprendizaje [4].

La Universidad Salesiana cuenta con un ambiente virtual de aprendizaje colaborativo conocido como AVAC. En las dos materias, objeto de estudio de la investigación, desde el período 45 se lleva a cabo un proceso de observación de los estudiantes y un estudio de cuánto el uso de este ambiente, potencia el proceso de enseñanza. Otro aspecto que se observa es con qué frecuencia los estudiantes acceden a este ambiente y si lo hacen

realmente motivados por las actividades académicas que encontrarán o por cumplir con un puntaje de evaluación. Teniendo como sustento estos dos interrogantes se decide el empleo de la matriz de investigación cualitativa de tipo descriptivo y exploratorio los cuales, muchos autores e investigadores, han conceptualizado como experimentales. Se asume esta concepción pues, a consideración de la investigación, este tema no ha sido estudiado con anterioridad en el marco local de la Universidad Salesiana y, como se tiene dudas en cuanto a la efectividad del empleo del AVAC dentro del proceso de enseñanza, es necesario examinarlo con más detalle. Esta elección se valida en [3] cuando enuncian que los estudios exploratorios son útiles para entrar en el terreno y prepararlo, ponernos en contacto con la realidad que luego estudiaremos en forma más profunda. Referidas a los estudios descriptivos, ver [3], estas autoras indican que su fin más frecuente es el de describir, identificar rasgos característicos, de una determinada situación, evento o hecho. En esta mirada al objeto de estudio se coincide, también, con [5] cuando expone que la inmersión del investigador en el ámbito del problema le permite la recogida y análisis sistemáticos de datos, a partir de los cuales va construyendo los fundamentos de una teoría.

2.1 Técnicas de investigación

Análisis bibliográfico: se empleó para el estudio y sistematización de las fuentes teóricas de la disciplina y comprender hasta dónde se podía avanzar en el estudio.

El cuestionario: se dirigió a indagar en tres áreas concretas. La primera referida al hecho de cómo los estudiantes valoran el uso del AVAC dentro del desarrollo de la materia. La segunda en valorar hasta dónde los estudiantes consideran que los ejercicios colocados en la plataforma virtual contribuyen a un mejor entendimiento de la materia y a la obtención de nuevos conocimientos desde una perspectiva motivadora. La tercera examina el criterio de los estudiantes en cuanto al empleo del video dentro de la clase y como recurso aplicable en el sistema de evaluación. En ese sentido se indaga en el criterio de estos acerca del uso que se da al video en las diferentes materias de la carrera y al hecho de que si estarían motivados a realizarlos desde los contenidos curriculares y que estos sean tenidos en cuenta como una opción en el sistema de evaluación. El objetivo del cuestionario es traducir las variables de la investigación en preguntas concretas que nos proporcionen información viable o susceptible de ser cuantificada, ver [1].

Recolección de datos: se empleó para obtener la información necesaria y se aplicaron los métodos que más se ajustaron a la naturaleza cualitativa del estudio.

Observación participante: se desarrolló para comprender los procesos, las interrelaciones entre los estudiantes y las TIC en cada una de las situaciones y circunstancias tomadas en cuenta durante el período de investigación. Esto permitió el poder sacar conclusiones y conceptualizar la metodología a emplear una vez finalizada la técnica.

2.2 Muestra

Como la investigación se define de tipo exploratoria-descriptiva se utilizó el método de muestreo no probabilístico teniendo en cuenta lo que plantea [7] cuando define que si se utiliza este método no se puede establecer de una manera exacta la probabilidad de que un elemento de la población participe en la muestra. Sin embargo, tiene su aplicación en los estudios exploratorios. Cuando las muestras se seleccionen de manera no aleatoria, sólo es posible hacer afirmaciones de tipo descriptivo sobre la muestra. Dentro del tipo de muestreo no probabilístico la investigación se apoya en el muestro por conveniencia. En ese sentido las unidades de muestra fueron seleccionadas por conveniencia, accesibilidad y proximidad de las mismas

al proceso de investigación. Esta selección se sustenta en [7] cuando cita que este muestreo se puede utilizar en los casos en que se desea obtener información de la población, de manera rápida y económica. Las muestras por conveniencia se pueden utilizar en las etapas exploratorias de la investigación como base para generar hipótesis y para estudios concluyentes en los cuales el investigador desea aceptar el riesgo de que los resultados del estudio tengan grandes inexactitudes.

La población posible a tener en cuenta para el estudio es demasiado grande pues comprendería a todos los estudiantes de la carrera de Comunicación Social o, en su defecto, a todos los estudiantes del segundo y quinto nivel por lo que resultaría difícil y más trabajoso incluirlos a todos. Por ese motivo se decide el empleo del muestreo por conveniencia teniendo en cuenta que es más rápido, fácil y los sujetos, alumnos, estaban disponibles. Con este método se logró obtener los datos básicos para la comprensión del estudio. La muestra seleccionada para la aplicación del experimento se relaciona con los estudiantes del paralelo 7201, segundo nivel, de Teorías de la Comunicación I y los estudiantes del paralelo 7501, quinto nivel, de Video I. En el año 2010, Widogski, ver [6], justifica la selección muestral planteando que

el muestreo es indispensable para el investigador ya que es imposible entrevistar a todos los miembros de una población debido a problemas de tiempo, recursos y esfuerzo. Al seleccionar una muestra lo que se hace es estudiar una parte o un subconjunto de la población, pero que la misma sea lo suficientemente representativa de ésta para que luego pueda generalizarse con seguridad de ellas a la población.

Los referentes teóricos y metodológicos expuestos validan la metodología aplicada en el proceso de enseñanza de las dos materias consideradas como teóricas y que forman parte de la malla curricular de la carrera de Comunicación Social en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil-Ecuador. Concluido el proceso de observación-experimentación, que viene desde el período 45, se decide aplicar la propuesta en el período 48 en dos de los paralelos que reciben la materia, el paralelo 7201 y el paralelo 7501.

Desarrollo de la propuesta

Al inicio del período 48 se llevó a cabo, como de costumbre, la presentación de la asignatura donde se enuncian los temas a tratar, su distribución en unidades temáticas y el sistema de evaluación. Como se tenía decidido aplicar la propuesta se realizó un proceso de negocia-

ción, sin que los alumnos fueran conscientes de ello, en términos de desarrollo del contenido y el sistema de evaluación. De esta forma se convertía en un proceso colaborativo donde todos emitieron su criterio al respecto. Una vez aprobada la propuesta por todos se crearon los equipos o grupos de trabajo y se comenzó el desarrollo de la misma. En este grupo se crearon ocho equipos de trabajo. La materia Teorías de la Comunicación I, correspondiente al segundo nivel de enseñanza, se desarrolló sobre la base de conferencias magistrales referidas a las temáticas del plan de estudios, pero estas conferencias se apoyaban en videos didácticos realizados por los propios estudiantes donde pusieron en evidencia dos aspectos fundamentales, el conocimiento adquirido y el nivel de creatividad. Como en este nivel los estudiantes aún no tienen dominio del lenguaje televisivo, construcción del discurso audiovisual, empleo de los recursos expresivos ni de conceptualizaciones técnicas del video no se tuvo en cuenta, para el trabajo, la calidad de la imagen y el sonido ni las leyes que rigen el proceso de montaje. Se enfatizó en el contenido más que en la forma. De esta manera se logra llevar a cabo un proceso de interdisciplinariedad en tanto, si bien no se profundiza en conceptos de realización audiovisual se le dio algunos referentes mínimos para la

comprensión del ejercicio. Las actividades académicas orientadas en el AVAC se plantearon desde una concepción teórico práctico. Teórico desde el punto de vista que consistían en análisis de texto de referencia obligada para la materia y práctico desde el hecho que, en muchos de los casos, los estudiantes debían dar continuidad al texto estudiado, o sea, enriquecerlo a partir de su propia investigación. De esta manera se les orienta y enseña que no deben conformarse con el estudio o análisis de una fuente, sino que deben reforzar el conocimiento a partir de la sistematización de determinados saberes. Para lograr un proceso colaborativo se desarrollaron, en clases, talleres en los cuales los estudiantes se constituyeron como juez y parte del proceso en tanto compartieron las investigaciones y del intercambio de textos elaborados por ellos enriquecieron su conocimiento. De igual manera, la calificación de los trabajos, fue realizada por los propios estudiantes con la supervisión del docente. Esto los obligó a elevar la calidad de sus trabajos y a aplicar la justeza en las calificaciones lo que, a su vez, los fortalece como entes sociales. El uso de los videos científicos, elaborados por otras instituciones o entidades productoras, se redujeron en un valor significativo lo que motivó el proceso de enseñanza y el trabajo en el aula. Los deberes en el AVAC, de igual mane-

ra, se elaboraron teniendo en cuenta que incitaran al empleo de alternativas de búsqueda de información y agilidad mental para lograr las soluciones. En todos los casos se propició el desarrollo de habilidades para el trabajo individual y colectivo. En el caso de la asignatura Video I, del quinto nivel de enseñanza, se llevó a cabo el mismo proceso de orientación y socialización al inicio del período de clases. La materia está considerada como teórica, aspecto este que la investigación objeta teniendo en cuenta que, si bien tiene aspectos teóricos dentro de su plan analítico, el aprendizaje de la materia se fundamenta en procesos prácticos. Pensar en la aplicación de la propuesta en esta materia indicó, necesariamente, la formulación de una interrogante relacionada con el hecho de cómo, apoyados en las TIC, podía fortalecerse el proceso de enseñanza. Respuestas florecieron varias, unas desde lo empírico y otras desde el análisis y comprensión de criterios de diversos autores quienes, a juicio de la investigación, coinciden en muchos aspectos. Por ello se toma como referente a [3] cuando expone que dado que los alumnos comprueban por sí mismos los contenidos temáticos, procedimentales y actitudinales propuestos por el profesor y además a partir de sus conocimientos previos y la selección de historias o temas de su interés crean videos originales,

el proceso y sus resultados se traducen en conocimientos nuevos en función de aprendizajes duraderos y significativos.

Con la interrogante respondida comienza la aplicación. La Universidad Politécnica Salesiana ha realizado un gran esfuerzo por dotar, a sus estudiantes, de los recursos tecnológicos necesarios para su formación académica. En ese sentido se habilitó un laboratorio de televisión con tecnología de punta que, si bien no proporciona todas las posibilidades de realización televisiva, ofrece el equipamiento necesario para la comprensión de la materia. Las cámaras de televisión del laboratorio fueron puestas en función del proceso de enseñanza y esto, sin duda alguna, despertó el interés y la curiosidad de los estudiantes lo que facilitó la aplicación de la propuesta. Durante el período 48 los estudiantes del paralelo 7501 hicieron uso del equipamiento, entiéndase cámaras, luminarias y accesorios para el sonido. La materia está diseñada para cuatro horas semanales lo que equivale a 16 encuentros por interciclo y un total de 32 encuentros durante el semestre. Se emplearon, para el componente práctico de la materia, 20 horas y las restantes 12 se utilizaron para impartir los referentes teóricos. El plan analítico no se siguió de manera rígida, aunque si fueron abarcados todos los con-

tenidos del mismo. Las clases se desarrollaron, por lo general, en el laboratorio incluso aquellas donde se explicaron y se trabajaron temáticas teóricas. El hacerlo de esta manera facilitó su entendimiento y comprensión por parte de los estudiantes pues pudieron detallar, en la práctica, aspectos de la materia tales como tipología de cámaras, principio de funcionamiento, relación imagen sonido en un estudio de televisión, disposición de las cámaras para la grabación de una entrevista con dos o más cámaras, tipología y ubicación de las luminarias en un estudio de televisión, el esquema básico de iluminación, tipos de conectores de audio y video, entre otras. Se realizaron trabajos de campo donde los estudiantes pusieron en práctica los conocimientos adquiridos en cuanto a tipología de plano visual y sonoro, tipología del plano visual según la angulación de la cámara y la relación figura fondo. El sistema de evaluación de la materia fue modificado a partir de la aplicación de la propuesta. En el ambiente virtual de la universidad los ejercicios académicos se diseñaron a partir del debate grupal y la reflexión y análisis de textos de necesaria consulta para profundizar en los conocimientos recibidos por el docente. Como parte del sistema de evaluación de la materia está orientado el desarrollo de un ensayo académico pero, dentro

de este experimento de aplicación de la propuesta, se decidió dividir el grupo en equipos de trabajo y a dos de estos equipos se les orientó la realización de un video didáctico donde ofrecieran el contenido del tema orientado por el docente. La materia Video I constituye el primer acercamiento del estudiantado a los procesos de enseñanza aplicando estas herramientas de trabajo. Se trabajó, siempre, en función de estimular el proceso de aprendizaje considerando que, aunque la mate-

ria se imparte desde un nivel básico, los estudiantes perdieran el temor y la tensión que provoca un primer acercamiento a las tecnologías empleadas en la realización de una obra audiovisual. Desde esta perspectiva de trabajo se realizó un proceso de transdisciplinariedad con la materia Semiótica Aplicada, dictada por el mismo docente, y los trabajos se orientaron sobre la base de la estructura clásica o Aristotélica que se define en planteamiento, desarrollo y desenlace.

3. RESULTADOS

El presente estudio propone, desde su concepción, abordar el tema referido al empleo de las TIC como parte del proceso de enseñanza aprendizaje para materias teóricas dentro de la formación del comunicador social. Se evidencia, en el estudio, la diferenciación entre video científico y didáctico. Aplicando, en la práctica, conceptualizaciones teóricas sobre la temática se pudo observar que el empleo de videos científicos no siempre favorece el proceso de enseñanza en tanto, al estar producidos lejos de la academia y con otros fines, no profundizan en aspectos necesarios para el debate y comprensión de los contenidos básicos de la asignatura. Por ello queda confirmado que el uso del video didáctico, producido por

los estudiantes bajo la orientación del docente, es más efectivo puesto que los estudiantes lo producen, con la tecnología que dispongan, a partir del conocimiento adquirido en el aula. Encuestas realizadas a estudiantes de los paralelos donde se aplicó la propuesta arrojaron información útil a tener en cuenta. El estudio muestra que muchos de los videos científicos utilizados como parte de la clase, por docentes de la carrera, no motivan al estudiante en tanto son seleccionados al azar y los mismos son producidos por alguna productora o bajados del canal YouTube. Esto reafirma lo planteado anteriormente dentro del cuerpo del estudio. Un aspecto significativo de los resultados es que los estudiantes se sienten motivados con la materia

si forman parte, junto al docente, de la realización de materiales didácticos que contribuyan en su formación. El proceso de socialización de criterios en cuanto a la evaluación tuvo repercusión favorable en el estudiantado y propició un ambiente de solidaridad y cooperación en el desarrollo de las actividades académicas. Fue un ente motivador de actitudes ante el estudio y la responsabilidad. El sentirse ellos juez y parte del proceso los comprometió y elevó su sentido de pertenencia con la materia. Muchos de los estudiantes valoran la plataforma virtual, AVAC, como un espacio denso al que acceden, por momentos, por cumplir una evaluación, pero sin motivación alguna. Eso propicia el hecho de que muchos estudiantes incumplan con esos deberes lo que, sin dudas, afecta su evaluación. Llevar a cabo un proceso colaborativo para la solución de deberes y tareas en el sistema mejoró los indicadores de acceso y la calidad en las respuestas a las actividades académicas sugeridas por el docente. Otro aspecto necesario dentro de los resultados en que muchos docentes no poseen las habilidades necesarias para el uso de este soporte por lo que se sugiere que sistematicen el trabajo unido a los especialistas de tecnología de la sede universitaria. El desarrollo de la materia Video I apoyados en el componente práctico propició, sin dudas, una mejor com-

prensión del contenido y elevó el nivel de motivación de los estudiantes lo que incidió favorablemente en los resultados académicos. Fueron estudiadas diferentes propuestas para la construcción de un video que pueda ser utilizado como parte del proceso de enseñanza aprendizaje y luego de una profunda revisión bibliográfica se comparte la que define Ezquerra en el año 2010, que se plantea de la siguiente manera: referentes e intenciones educativas: currículo del nivel elegido, finalidades educativas que buscamos, objetivos didácticos de nuestra propuesta, selección de contenidos realizada, duración de las sesiones de clase donde se insertan los videos, incorporación de los procesos de evaluación, propósitos específicos de la investigación educativa. Condicionantes audiovisuales: disponibilidad de contenidos cinematográficos o videográficos, limitaciones técnicas del tratamiento de imágenes, posibilidades de guionización de cada tema, dificultades económicas para su producción, problemas en la realización audiovisual referidos a la iluminación, sonido y posiciones de cámara [6].

El esbozo de los resultados concluye con el planteamiento de los estudiantes acerca de la necesidad que tienen de conocer acerca de la realidad del trabajo en los medios de comunicación pues es esa la realidad que, en un futuro, deben afrontar.

4. CONCLUSIONES

Son muchos los aspectos en los que interesa centrar la mirada y estos van desde la perspectiva metodológica asumida hasta los resultados obtenidos. Es incuestionable que el uso de una muestra por conveniencia, la cual se eligió para la investigación, limita su generalización y las posibles conclusiones que pueden surgir sobre toda la población y que puede ser considerada, la muestra, como no representativa lo que pudiera influir en una baja validez del estudio. Aun teniendo estos referentes se asume esta línea por considerar que, para un primer acercamiento al objeto de estudio, fue la más eficiente y eficaz en tanto propicio los datos necesarios, fue muy fácil y cómoda de aplicar y se tenían a todos los implicados en la observación bien concentrados y al alcance del estudio. A criterio de la investigación realizada el éxi-

to del uso del video como apoyo al proceso educativo está en que, los mismos, se realicen con objetivos muy precisos y se tenga en cuenta la malla curricular del nivel de enseñanza o la carrera para los cual sean creados. Se dio respuesta precisa al objetivo de la investigación que se orientó a conocer y entender cómo pueden contribuir las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje. La investigación revela que el video científico debe realizarse de manera tal que logre ilustrar al estudiante hacia dónde debe dirigir su mirada. En ese sentido Ezquerra, en el año 2004, ver [6], deja expuesto que ver algo no es aprender y sólo mostrar no es enseñar. Se confía en que la investigación motive la reflexión en torno al efecto que tiene el uso de las TIC en los procesos de enseñanza centrados en materias teóricas.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Aparicio, recuperado el 23 de agosto de 2015, de https://www.uam.es/personal_pdi/st-maria/jmurillo/Met_Inves_Avan/Presentaciones/Cuestionario_%28trab%29.pdf, 2011.
- [2] J. Bustamante Newball, "Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza del video". *Acción pedagógica*, 12(2), 1-8, recuperado el 23 de agosto de 2015, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2972086.pdf>, 2003.
- [3] A. Ferreyra, A. L. De Longhi, "Metodología de la investigación I". Córdoba: Brujas, recuperado el 2 de septiembre de 2016, de <http://www.ebrary.com>, 2014.
- [4] I. Jorrín Abellán, G. Vega Gorcojo, E. Gómez Sánchez. "El papel facilitador de las TIC en un proceso de aprendizaje colaborativo". *Revista Latinoamericana de tecnología educativa*, 3(1), 251-268, recuperado el 20 de septiembre de 2016, de <https://www.researchgate.net/.../28178379>, 2004.

- [5] H. Saladrigas Medina, “Comunicación organizacional: Matrices teóricas y enfoques comunicativos”. Revista Latina de Comunicación Social, recuperado el 22 de agosto de 2015, de <http://www.ull.es/publicaciones/latina/200540saladrigas.htm>
- [6] K. Tabares Hernández, “La producción de videos científicos: un acercamiento teórico”. Innova Research Juornal, 1(6), 1-13, recuperado el 3 de septiembre de 2016, de www.journaluidegye.com/magazine/index.php/innova/article/dow, 30 de junio de 2016
- [7] G. Tamayo, “Diseños muestrales en la investigación.”, Semestre económico, 4(7), 1-14, recuperado el 19 de agosto de 2016, de <http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1410/1467>, 2001.

Industrial Training Module AS-Interface: a Tool for Education

Módulo didáctico de red industrial AS-interface: Una herramienta para la educación

*Gary Omar Ampuño Avilés¹, Byron Orellana², Anderson Pérez³,
Harry Villamar⁴, Giancarlo Salazar⁵, José Cobeña⁶*

Abstract: This paper describes the development of a training module, designed as a tool complementing classroom activities through the practices of materials and industrial networks and industrial automation; this module allows students to propose and evaluate strategies for industrial network connections AS-interface and control prior to implementation in real plant processes. Module development involved 2 stages: 1) the installation and configuration of the AS-i networks, and 2) testing by devices outside the modules that can be connected because of their versatility. At all stages of the design and implementation of the module involved students studying electrical engineering.

Validation module operation was performed by PI control of a pneumatic cylinder, control is implemented in the proposed PLC module. The cylinder is piloted by a servo valve.

Keywords: Industrial network; AS-interface; PI control

Resumen: El presente trabajo describe el desarrollo de un módulo didáctico, concebido como una herramienta que complementa las actividades en las aulas mediante las prácticas de las materias como Redes industriales y automatización industrial; este módulo permite a los estudiantes proponer y evaluar estrategias de conexiones de red industrial AS-interface y control de procesos previo a su implementación en plantas reales. El desarrollo del módulo involucró 2 etapas: 1) el montaje y configuración de las redes AS-i, y 2) realizar pruebas mediante dispositivos ajenos al módulo con los que se pueden conectar debido a su versatilidad. En todas las etapas del diseño e implementación del módulo participaron estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica.

La validación de operación del módulo fue efectuada mediante el control PI de un cilindro neumático, el control es implementado en el PLC del módulo propuesto. El cilindro es pilotado mediante una servo-válvula.

Palabras Clave: Redes industriales; AS-interface; Control PI.

1 Gary Ampuño, es docente investigador de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, gampuno@ups.edu.ec

2 Estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, bjop0287@hotmail.com

3 Estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, aperezma@est.ups.edu.ec

4 Estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, hvillamar@est.ups.edu.ec

5 Estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, dj_giankrls@hotmail.com

6 Estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, rock-berto@hotmail.es

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha dado un gran incremento de trabajos investigativos que buscan mejorar las tecnologías para el proceso educativo[1]; con todo esto se busca lograr una mayor participación del estudiante durante el aprendizaje, permitiéndole poner en práctica los conocimientos teóricos que ha adquirido. Este tipo de aprendizaje le facilita al estudiante el análisis y comprensión de todo aquel concepto obtenido. Es por eso que el estudio de nuevas herramientas docentes basadas en módulos prácticos, simulaciones, laboratorios virtuales, entre otros, están en constante actualización [2], [3], [4] permitiéndoles a aquellos educadores impartir una herramienta educativa para un mejor análisis de lo aprendido.

Uno de los campos de interés en la Ingeniería Electrónica y automa-

tización son las técnicas de control en procesos y la conexión de redes industriales que permiten incrementar la velocidad de la comunicación y reducir costos en cableado.

Consientes de esto la carrera de ingeniería electrónica ha desarrollado un módulo didáctico con el objetivo de su utilización con fines docentes y de investigación. Este proyecto es presentado como una excelente herramienta para la prueba de distintas técnicas de control y levantamiento de redes industriales como Ethernet y AS-i [5], [6]. El resto del documento describe brevemente la red industrial AS-i, así como los elementos que componen el sistema del módulo planteado, finalizando con una aplicación de control sobre un cilindro neumático, donde se pretende controlar la posición del pistón.

2. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

El escenario de experimentación que se muestra en la Figura 1, presenta un esquema de la red industrial de Actuadores Sensores interface, esta se caracteriza por transmitir datos mediante un solo medio de transmisión, la particularidad de la transferencia es que se puede enviar datos y también alimentar actuadores de poco consumo de corriente, si es requerido

un mayor consumo por los actuadores se puede colocar paralelamente un cable que transporte alimentación de corriente directa o alterna.

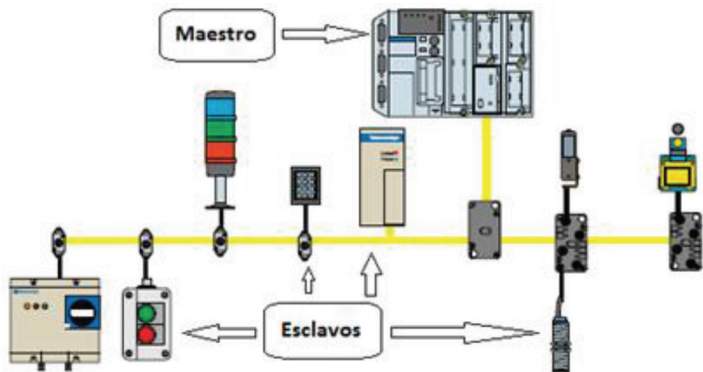
La red AS-i es empleada en la capa más baja de la pirámide de automatización siendo aquí donde se captura la información del campo por medio de sensores y también se

realizan acciones de operación con los actuadores. Mediante pasarelas los elementos AS-i son capaces de comunicarse con otras redes en las capas superiores de la pirámide, esto permite realizar una red integra para procesos.

Trabajos como [7], [8], [9], [10] muestran las normas que se deben tener en cuenta para la red propuesta, esta consta de un módulo compuesto por un controlador lógico

programable (PLC), este es el encargado de procesar las señales discretas simuladas; un módulo maestro AS-i, el cual es el encargado de desacoplar todas las señales que se encuentren en el bus de transmisión y recepción de señales; un borne de conexión alterna que alimentará una fuente de voltaje directa, esta a su vez proporcionará energía al PLC, a la fuente AS-I de 30VDC y esta hacia cada uno de los esclavos que se detallan en la tabla 1.

Figura 1. Elementos que componen la red



Fuente: Autor

Tabla 1. Módulos de la red AS-i

MÓDULO	IN/OUT	APARIENCIA
k60	4/4	Dispositivo que permite recopilar la información de campo de señales digitales de entrada y salida.
3RK1000	4/4	Es una tarjeta electrónica con comunicación AS-i, que permite conectar elementos tradicionales como interruptores y relés, permitiéndole acceso a la red.
Paro de Emergencia AS-i	1/0	Este dispositivo viene adaptado para comunicarse directamente con la red AS-i, es un esclavo.
3RK1400	3/fuerza motor	Este es un dispositivo inteligente que permite conectar a equipos de alto consumo como motores a las red AS-i

Fuente: Autor

El bus de transmisión y recepción de señales encargado del control del sistema, es un conductor perfilado de color amarillo lo que permite conectarlo a los diferentes esclavos AS-i y aislar ante un posible corto circuito; cada esclavo contiene un sistema de sujeción con vampiros que perforan el conductor cuando se cierra el conector, acción que facilita la conexión y desconexión de varios elementos AS-i.

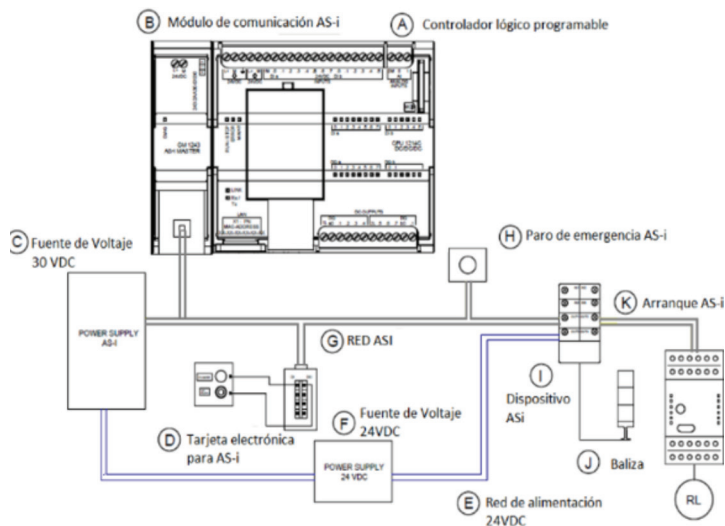
En paralelo al bus de transmisión y recepción, el sistema a escala contiene dos conductores de la misma estructura perfilada de color negro y rojo encargados de la parte de fuerza del sistema; estos conductores contienen señales de alimentación de 24 VDC y 110-220 VAC respectivamente. Es por eso que vienen directo de la fuente hacia los esclavos que de manden más carga y requieran una fuente de voltaje adicional.

3. DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO PROPUESTO

Las señales que viajan mediante el bus de transmisión y recepción, contienen un voltaje a 30 VDC. Como se puede apreciar en la Figura 2, las salidas del controlador son señales de control distribuido,

y esta distribución de cada una de las señales enviadas y recibidas de la red AS-i son directamente desacopladas por el maestro el cual se encuentra conectado directamente al controlador.

Figura 2. a) Mecanismo propuesto. b) Diseño del módulo



a)



b)

Fuente: Autor

Luego este realiza el desacoplamiento de los datos que viajan dentro de la red, obteniendo así el estado en el que se encuentra, una correcta conexión mediante su led de diagnóstico visible en la parte frontal y el respectivo envío y recepción de datos.

El sistema escala adicionalmente cuenta con una tarjeta de

variables discretas como se puede observar en la Figura 3, la cual es posible conectarla a otra placa electrónica que realice las funciones de accionamiento y recepción de señales discretas de campo que los estudiantes. Esta tarjeta cuenta con 4 entradas y 4 salidas digitales lo que permitirá al sistema poder identificarlas mediante el bus AS-i.

Figura 3. Placa Impresa de Distribución de señales



Fuente: Autor

3.1 Puesta en marcha Módulo AS-i

La configuración de cada elemento de la red industrial AS-i fue satisfactoria, puesto que la secuencia lógica desarrollada en cada práctica permite parametrizar de acuerdo a la función o aplicación de la misma, realizando así las funciones para pensar y actuar sobre cada uno de los esclavos.

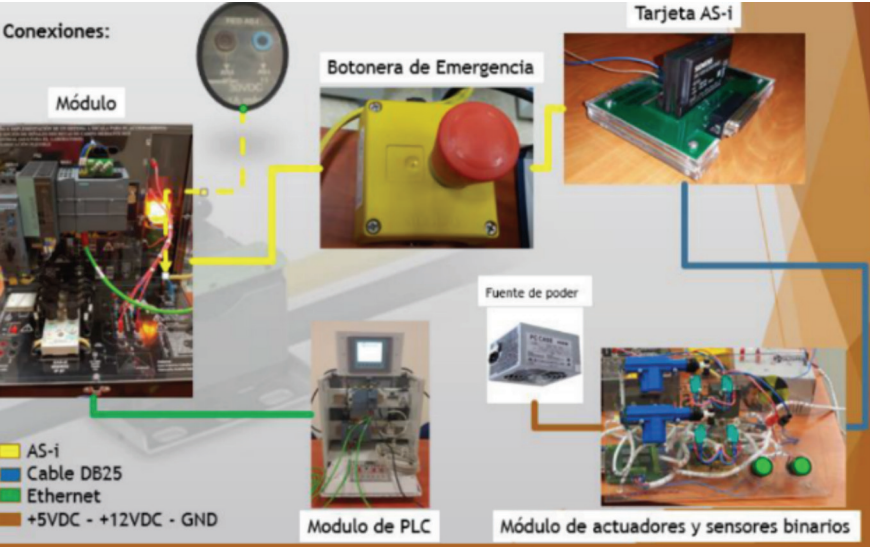
Al recibir cada elemento AS-i una dirección diferente, se verificó que:

Si se recibe una dirección similar a otro elemento esclavo se genera un error en las propiedades de los elementos en conflicto.

En cada compilador - quemador de controladores a la hora de realizar la detección de errores en la secuencia lógica en base a la parametrización, a modo de seguridad se presenta un inconveniente que no permite descargar el programa hacia el PLC, evitando así que se genere un conflicto a nivel físico.

La desconexión de un esclavo AS-i genera un error en el controlador en el segundo led y en el maestro AS-i en el led de diagnóstico, lo que permite monitorear si las conexiones físicas de la red están conectadas de la manera correcta.

Figura 4. AS-I module test



Fuente: Autor

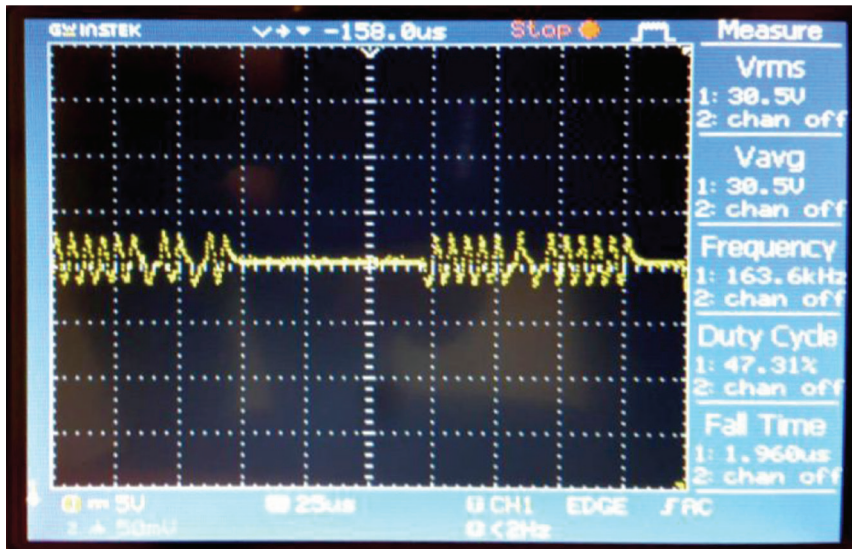
Una vez implementado el sistema a escala para el accionamiento y re-

cepción de señales discretas de campo mediante la red industrial, se reali-

zó la validación pertinente del mismo verificando la señal portadora que viaja desde el maestro hacia los esclavos como podemos observar en la Figura 5 por medio de un osciloscopio, encontrando que la red implementada

en el módulo de entrenamiento cumple con las especificaciones técnicas que la norma EN 50295 [11] establece. Los pulsos lógicos obtenidos del bus AS-i, en donde sus amplitudes están aproximadas a los 2.5V.

Figura 5. Comportamiento de Voltaje AS-i



Fuente: Autor

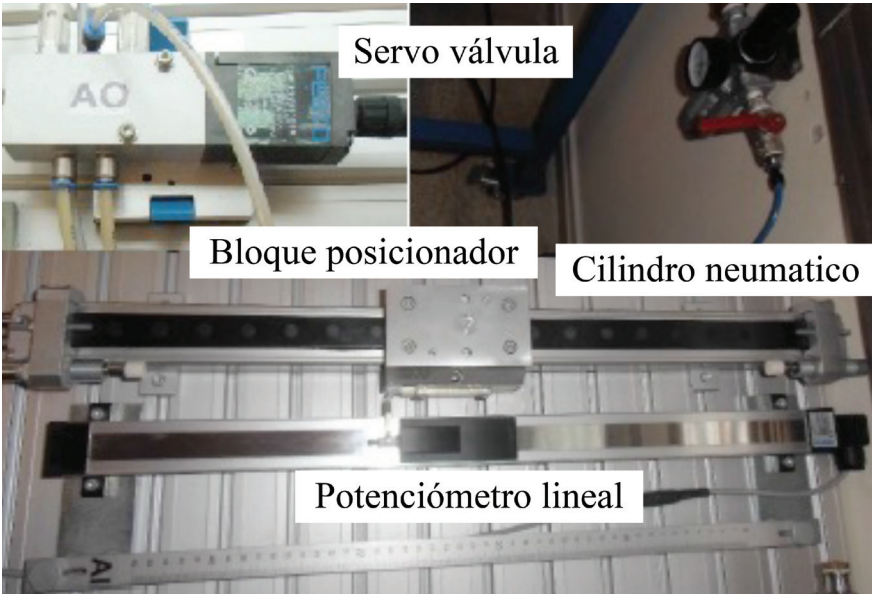
4. MÓDULO EXPERIMENTAL

4.1 Estación de prueba

El módulo AS-i puede ser conectado con varios módulos con sistemas a escala como los presentados en [12], [13], [14]. Como se aprecia en la Figura 6 la estación de pruebas se encuentra compuesta por el bloque posicionador (BP), que se desplaza en el

cilindro por su guía; el desplazamiento del BP es medido por un sensor compuesto por un potenciómetro lineal, el cual tiene una relación de milímetros [mm] vs ohm [ohm], para evitar que el módulo sufra golpes en las pruebas, cada extremo cuenta con bases que previenen el descarrilamiento.

Figura 6. Estación de actuador cilindro neumático



Fuente: Autor

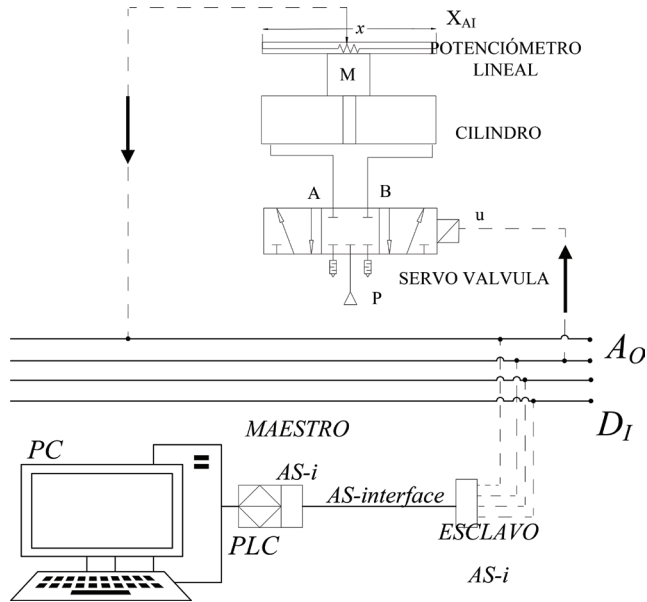
Las señales de la servo válvula y el potenciómetro lineal son señales analógicas, estas señales son captadas por los dispositivos de la AS-i, como se describe en la figura 7. El Esclavo AS-i recepta todas las entradas de campo, para evitar el cableado excesivo al controlador lógico programable (PLC) la información es enviada por un único cable (AS-interface), La red se completa con un dispositivo maestro AS-i, el cual designa las entradas y salidas a ser usadas. Dentro de la programa-

ción del PLC se procede a tratar la información para el control del BP.

4.2 Modelado del sistema

El tiempo en que se aplica el voltaje de control en la servo válvula influye en las características de desplazamiento del BP. En la figura 8 se aprecia la respuesta en lazo abierto del módulo ante una señal paso de entrada. La señal paso es una señal de voltaje de 5 Volts, y de diferente duración.

Figura 7. Bloque esquemático de los módulos

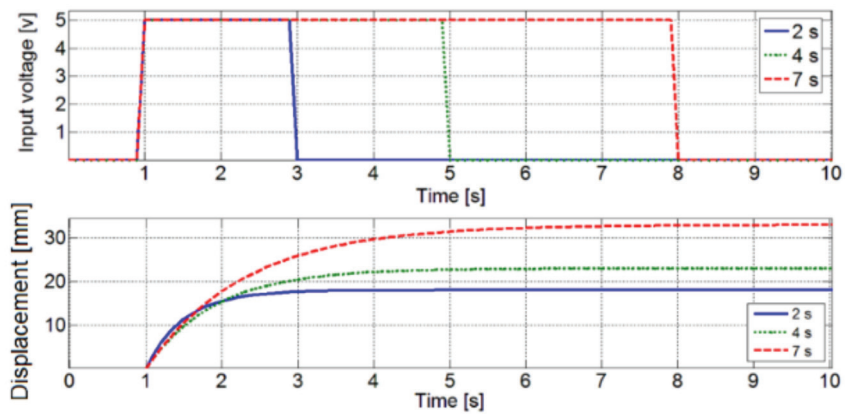


Fuente: Autor

La figura 8 muestra el despla-

el voltaje durante 1 segundo y 7 segundos.

Figura 8. Respuesta en lazo abierto



Fuente: Autor

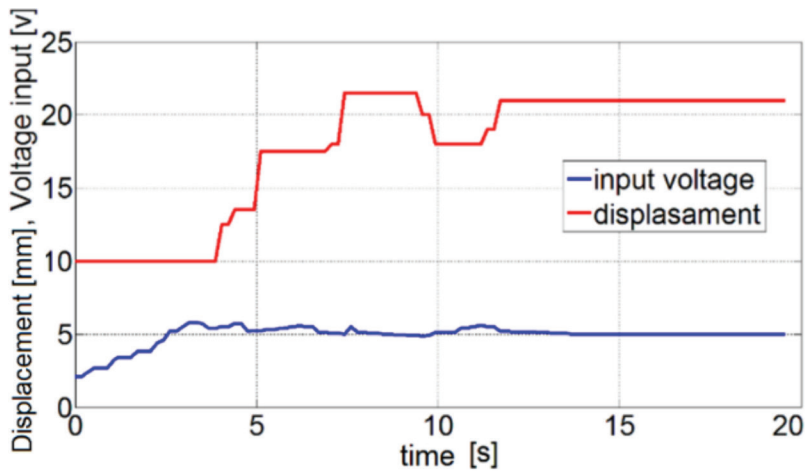
La ganancia del Sistema se encuentra mediante la división del cambio en la salida del Sistema dividido para el cambio en la entrada. Para la constante de tiempo τ del modelo se evalúa en el punto del

63% del cambio en el sistema. El retardo es el error delay. En la figura 9 se realiza una prueba en lazo abierto de la ecuación.

$$G(s) = \frac{4.56 \cdot e^{-s \cdot 0.1}}{1 + 0.88s}$$

(1)

Figura 9. Prueba a lazo abierto



Fuente: Autor

4.2 Diseño del controlador

Para el controlador se empleará un control PI debido a que la ecuación modelada es de primer orden. Los datos empleados en el controlador PI fueron seleccionados empleando el método de cancelación de polos y ceros [20, 21]. Para un controlador PI se relaciona con la eliminación del error en régimen

permanente ante una entrada determinada.

$$G_{cd}(s) = C(s)G(s) \frac{Kp(\tau_I s + 1)}{\tau_I s} \frac{k}{1 + \tau s}$$

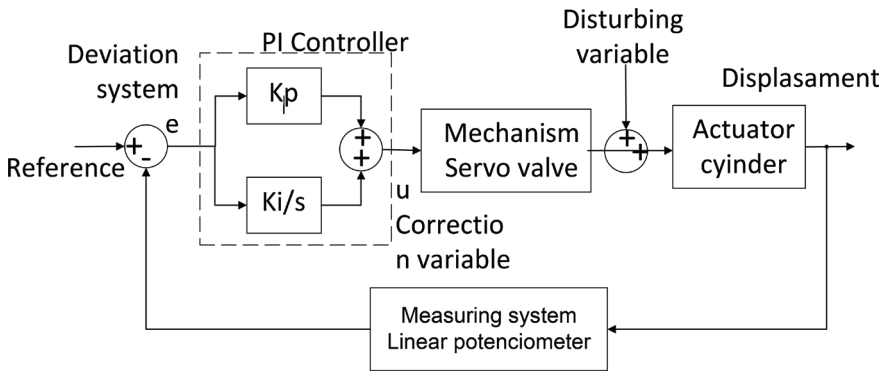
(2)

Se iguala la constante integral del controlador con la constante de tiempo del Sistema de primer orden a controlar.

$$\tau_I = \tau$$

(3)

Figura 10. Controlador en lazo cerrado



Fuente: Autor

4.3 Prueba del controlador

Aplicando una entrada de tipo escalón en la referencia se probará el comportamiento de la planta en lazo abierto. El desplazamiento en el bloque posicionador será un valor tomado una vez estabilizado el sistema.

La prueba se describe en el siguiente pseudocódigo de la Figura 11.

La prueba se detalla a continuación, primero se analiza la variable que fue captada X_{AI} . Esta se visualiza en el Scada desarrollado.

La prueba se inicia al colocar en x un punto de operación con un valor a (paso 1), este es la primera posición al cual debe desplazarse del BP, para la alimentación del sistema neumático (paso 2) se habilita el paso de aire comprimido; en los pasos del 3 al 9, se realiza la captura de datos en el ordenador. Mediante un tiempo propuesto t_{test} ,

la referencia cambia a los valores b ; continuando con el registro de la información. Los pasos planteados se aplican hasta poder utilizar la tercera referencia con un valor c . El programa finaliza al seleccionar un nombre y ubicación del archivo que contiene los datos almacenados.

4.4 Resultados de la prueba

El experimento llevado a cabo se trata de cambiar los puntos de referencia cada cierto tiempo, en la Tabla 2 se muestran los valores empleados. El sistema una vez estabilizado, mediante el sensor, que es el potenciómetro lineal se captura la señal correspondiente a la posición del cilindro neumático. Estos datos son tabulados para poder calcular el error que el controlador propuesto arroja. Estos primeros resultados son usados para mejorar el controlador. El controlador PI aplicado en

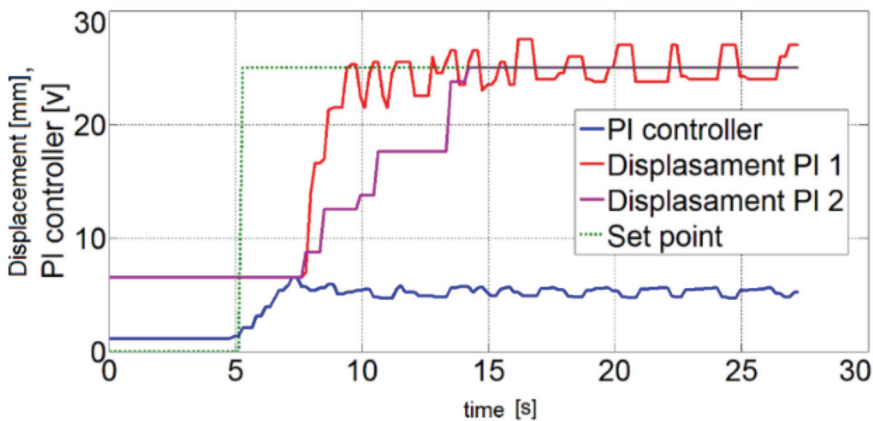
la planta, fue calculado mediante el método de cancelación de polo y ceros, teniendo como resultado un error de 0,2. Lo cual, muestra que la semejanza de los métodos analíticos y prácticos de parametrización del controlador.

Figura 11. Pseudocódigo de la prueba

```
1. Ingresar el valor de referencia para  $x=a$ ; valor de desplazamiento.
2. Activar el paso de aire comprimido a la entrada P de la servo válvula;
3. Llamar Proof_time; esta es una subrutina para que la planta cambie su valor de referencia (a) después de un tiempo determinado.
4. Elegir el siguiente valor para  $x$ ; evalúa el control con otro requerimiento.
5.  $x = b$ ; b es el Segundo valor a probar en la referencia
6. Llamar Proof_time; esta es una subrutina para que la planta cambie su valor de referencia (b) después de un tiempo determinado.
7. Elegir el siguiente valor para  $x$ ; evalúa el control con otro requerimiento
8.  $x = c$ ; este es el tercer valor de prueba
9. Llamar Proof_time; esta es una subrutina para que la planta cambie su valor de referencia (c) después de un tiempo determinado.
10. Guardar los valores de  $X_{AI}$ .
11. Fin
12. Subrutine Proof_time
13. Loop Proof_time no es alcanzado aún
14. Inicializar la captura de datos  $X_{AI}$ ; captura los valores del BP.
15. Si  $t < t_{test}$  entonces; t es el tiempo que lleva ejecutándose la sentencia y  $t_{test}$  es el tiempo determinado para que se finalice la acción.
16.  $x= a, b, c$ ; valores de referencia
17. Else
18. Retornar;
19. End loop
```

Fuente: Autor

Figura 12. Respuesta en tiempo real



Fuente: Autor

En la figura 12 está representado el desplazamiento del bloque posicionador en el cilindro neumático, la referencia y el comportamiento de la señal de control, con estos resultados se puede encontrar

un seguimiento del desplazamiento respecto a la referencia, se puede apreciar también como el voltaje de control aplicado a la servo válvula minimiza la saturación.

TABLA 2. Referencia de valores empleados

Reference (mm)	Promedio	Error crítico	Moda	Mediana
25	25.2	0.02	25	25
27	26.9	0.01	27	27
30	30.1	0.01	30	30

5. CONCLUSIONES

El módulo de red AS-i ilustra desarrollado para soporte de prácticas ha sido diseñada con un sentido amplio y general, como para habilitar la incorporación de otras plantas, y contribuir, de esta manera con la

implementación de más módulos para los laboratorios.

La herramienta desarrollada puede ser explotada por usuarios que deseen experimentar sobre ajuste de

controladores en lazo cerrado y realizar redes industriales.

El módulo puede ser empleado para la enseñanza universitaria,

pero deben tenerse en cuenta el correcto uso y los reglamentos planteados por la institución.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil (UPS-G) por permitir el uso de sus laboratorios y el fácil

acceso a cada elemento en los que se nos permitió realizar las pruebas pertinentes de la red implementada.

7. REFERENCIAS

- [1] L. D. Feisel and A. J. Rosa, "The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education," *J. Eng. Educ.*, vol. 94, no. 1, pp. 121–130, 2005.
- [2] J. L. Guzmán, H. Vargas, J. Sánchez, M. Berenguel, S. Dormido, and F. Rodríguez, "Education research in engineering studies: Interactivity, virtual and remote labs," *Distance Educ. Issues Challenges*, pp. 131–167, 2007.
- [3] G. Farias and F. Esquembre, "Desarrollo de laboratorios virtuales, interactivos y remotos utilizando easy java simulations y modelos simulink," *12th Latin-American Congr. Autom. Control*, pp. 336–341, 2006.
- [4] G. Farias, F. Esquembre, J. Sanchez, S. Dormido, H. Vargas, S. Dormido-Canto, and N. Duro, "Laboratorios virtuales remotos usando easy java simulations y simulink," *XXVII Jornadas Automática, Almer.*, pp. 926–933, 2006.
- [5] P. Code, *INTERNATIONAL*, 2.0. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2008.
- [6] J. R. Moyne and D. M. Tilbury, "The emergence of industrial control networks for manufacturing control, diagnostics, and safety data," *Proc. IEEE*, vol. 95, no. 1, pp. 29–47, 2007.
- [7] Pérez, Anderson, and O. Menjivar, "Diseño e implementación de un módulo didáctico empleando la red de comunicación industrial AS-Interface con arrancador de motor 24V DC AS-Interface K60 para el laboratorio de automatización industrial de la universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [8] R. Cobeña and G. Salazar, "Diseño e implementación de un sistema a escala para el accionamiento y recepción de señales discretas de campo mediante la red industrial (AS-I) para el laboratorio de fabricación flexible.," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [9] V. Harry and E. Villón, "Diseño e implementación de una maleta didáctica el levantamiento de comunicación industrial mediante la red as-interface en el laboratorio de fabricación flexible.," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [10] B. Orellana, "Diseño e implementación de un Sistema de control de dispositivos Maestro - Esclavo basados en la Red Industrial AS-i para el laboratorio de Automati-

- zación industrial.,” Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [11] A. As-interface and A. P. Supplies, *AS-Interface according to EN 50295 / IEC 62026-2 AS-Interface*, no. July. Siemens IK PI News., 2005.
- [12] A. Rivadeneira, “Universidad Politecnica Salesiana Sede Guayaquil,” Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [13] G. Ampuño, W. Agila, and H. Cevallos, “Implementación y analisis de rendimiento de un control industrial de nivel para tanques con fluidos, basado en lógica difusa.,” pp. 27–36, 2015.
- [14] G. Ampuño, M. Gomez, and W. Agila, “Monitoreo y control distribuido de micro-unidades de regulación de humedad y temperatura para invernaderos a través de ‘Clouds,’” vol. 28, no. Diciembre, pp. 258–272, 2015.

Methodological Scientific Symposium and the Electrical Engineer Formation in the Polytechnic University Salesiana of Ecuador

El simposio científico metodológico y la formación
del ingeniero eléctrico en la Universidad Politécnica
Salesiana de Ecuador

*Pedro Luis González Rivera¹, Pedro Osvel Núñez Izaguirre²,
Gabriela Fernanda Sánchez Espinoza³*

Abstracts: The debate on the various forms of organization of the teaching process at the university, includes the use of variants of a collective nature as the methodological scientific symposium, which promote exchanges between students, teachers and experts in the fields of centers higher education, polytechnic court. The objective of this research work has been to reflect on the possibilities offered by the methodological scientific symposium as a form of organization of the educational process at the university, for training the electrical engineer on the UPS. Thus, we used a variety of methods of research both theoretical and empirical. Along the synthetic analytical method to characterize parts of the process, it is taken into account induction and deduction, and other fundamental methods. The project enabled the interaction of outstanding professionals of the technological and methodological area with students during

several sessions of collective work. Socialization made favored the creation of a favorable environment for the motivation of the student body to the general purposes of the curriculum of the race.

Keywords: educational process at the university, electrical engineer training, methodological scientific symposium.

Resumen: El debate sobre las diversas formas de organización del proceso docente en la universidad, puede incluir el empleo de variantes de carácter colectivo como el simposio científico metodológico, que favorecen el intercambio entre alumnos, profesores y expertos en los temas de interés formativo del ingeniero en centros de enseñanza superior, de corte politécnico. El objetivo de este trabajo investigativo ha sido reflexionar en torno a las posibilidades que ofrece el simposio

1 Dr.C. Pedro Luis González Rivera, es Coordinador de Grupo de Investigación de Educación e Información Científica (GIEDIC), Docente de la UPS, Sede Guayaquil, pgonzalezr@ups.edu.ec

2 MSc. Pedro Osvel Núñez Izaguirre, es miembro de GIEDIC, Docente de la UPS, sede Guayaquil, pnunez@ups.edu.ec

3 MSc. Gabriela Fernanda Sánchez Espinoza, es Docente de la UPS, sede Guayaquil, gsanchez@ups.edu.ec

científico metodológico, como forma de organización del proceso docente educativo en la universidad, para la formación del ingeniero eléctrico en la UPS. De esa manera, se ha utilizado una diversidad de métodos de investigación tanto de carácter teórico como empíricos. El proyecto posibilitó la interacción de destacados profesionales del área tecnológica y metodológica con los estudiantes durante

varias sesiones de trabajo colectivo. La socialización realizada favoreció la creación de un ambiente favorable para la motivación del colectivo estudiantil hacia los propósitos generales del currículo de la carrera.

Palabras claves: simposio científico metodológico, proceso educativo en la universidad, formación del ingeniero eléctrico.

1. INTRODUCCION

En el debate sobre las diversas formas de organización del proceso docente en la universidad, ha sido menos valorado el empleo de variantes de carácter colectivo como el simposio científico metodológico. Sin embargo, esta forma de organización del proceso puede favorecer el intercambio entre alumnos, profesores y expertos en temas de interés formativo en centros de enseñanza superior.

Actualmente el proceso docente educativo en las instituciones de Educación Superior, acusa rasgos peculiares en el contexto de la formación integral de los profesionales, para favorecer su espíritu emprendedor. En ese sentido, se jerarquiza la educabilidad como condición que posibilita que la influencia de la comunidad educativa sobre los educandos, se imbrique con los aportes de la Didáctica que favorecen la educatividad, como factor clave en la dirección del aprendizaje en el sistema educativo universitario.

Lo anterior se manifiesta de manera peculiar en las diversas acciones que se valoran en centros de nivel superior, como la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) de Ecuador. Precisamente en esa institución, la formación de ingenieros eléctricos en la sede de Guayaquil experimenta desde el punto de vista docente educativo en la utilización del simposio científico metodológico.

El objetivo de este trabajo investigativo se dirige a reflexionar en torno a las posibilidades que ofrece el simposio científico metodológico como forma de organización del proceso docente educativo en la universidad, para la formación del ingeniero eléctrico. Para ello se ha partido de la situación problemática que se pregunta acerca de si puede resultar efectiva la ejecución del simposio científico metodológico en la carrera de Ingeniería Eléctrica, para incidir en el proceso formativo de los estudiantes.

Desde una concepción eminentemente cualitativa del proceso de investigación, se ha utilizado una diversidad de métodos de investigación, tanto de carácter teórico como empíricos. Junto al método analítico sintético para caracterizar las partes del proceso, se ha tenido en cuenta la inducción y la deducción, así como otros métodos fundamentales.

De igual manera, el diseño de la investigación tuvo en cuenta la observación del proceso formativo mediante el simposio, el análisis documental de textos asociados al

tema, así como la aplicación de encuestas a estudiantes y entrevistas a profesores, entre otros.

Ha sido necesaria la descripción natural de un caso, para explicar las características del objeto de estudio desde la práctica y lograr la necesaria comprensión de sus claves metodológicas. En ese sentido, la principal intención del artículo se ha dirigido hacia el componente práctico de la propuesta que se realiza. Se ha tenido presente el carácter aplicativo de la ciencia pedagógica dentro de las ciencias sociales.

2. DESARROLLO DEL TEMA

En la actualidad se perciben determinadas tendencias en la formación del profesional, teniendo en cuenta el ángulo tecnológico y cultural como profesionales universitarios. Son significativas las concepciones que consideran el vínculo con la Clasificación Internacional de la Ciencia y la Tecnología de la UNESCO, las necesidades sociales a nivel local y su incidencia en el proceso educativo en la Educación Superior contemporánea, la pertinencia científica y social.

La complejidad de los procesos globales que afectan el entorno actual en que se desarrolla el proceso docente educativo en las instituciones de Educación Superior, implica considerar nuevas características en

la formación de los graduados universitarios, que propicien el espíritu emprendedor [1], [2].

Precisamente las bases teóricas del presente trabajo se derivan de los presupuestos del Enfoque Histórico cultural de Vigotsky, la Pedagogía crítica, la enseñanza desarrolladora y el Sistema preventivo que propugna la Universidad Politécnica Salesiana. Desde ese marco teórico, se jerarquiza el papel de la mediación pedagógica que realizan los docentes, la institución escolar y las diversas formas de organización del proceso educativo.

En ese ambiente se jerarquiza la necesidad de asumir la educabilidad como elemento esencial y condición

que posibilita que la influencia de la comunidad educativa sobre los educandos [3], se imbrique con los aportes de la Pedagogía y la Didáctica, que favorecen la educatividad como factor clave en el sistema educativo [4]

De esa manera se ha considerado que la formación del profesional universitario requiere de una concepción actualizada del aprendizaje, donde la pertinencia social ocupe un lugar prominente [5], [6]. Se trata en esencia, de que los procesos sustantivos de la universidad, como la docencia, la investigación y la vinculación con la sociedad, se asuman como ejes transversales en función de las necesidades del desarrollo social.

La formación del graduado universitario se inserta dentro de las principales urgencias en función de la transformación del entorno social. En Ecuador, por ejemplo, el Plan Nacional de Buen Vivir jerarquiza el papel de los profesionales de nivel superior en el cambio de la matriz productiva.

La formación del profesional requiere de la valoración de tales presupuestos en el contexto de transformación del currículo universitario, que ha inspirado la nueva malla.

En ese sentido, los aportes de la Didáctica universitaria, se aprecian desde la valoración actualizada de los componentes didácticos del

proceso docente educativo en las estrategias de enseñanza de varios autores [7]. Las sistematizaciones didácticas reconsideran el rol de los recursos actuales en el proceso formativo [8], [9], incluido el uso de formas de organización del proceso educativo como el simposio, que, como una variante de exposición colectiva, permite socializar conocimientos a partir de la disertación de determinadas temáticas.

Puntos de vista coincidentes sobre el simposio se aprecian en diversas publicaciones. Considerada una reunión de expertos en la que se expone y desarrolla un tema en forma completa y detallada, el simposio puede enfocar los aspectos que se exponen desde diversos ángulos. Para ello se pueden utilizar intervenciones individuales, breves, sintéticas y de sucesión continuada. De ese modo el simposio es una actividad en la cual un grupo selecto de personas expertas en determinadas ramas del saber, exponen diversos aspectos o problemáticas sobre un tema central, ante un auditorio durante un tiempo [10].

Se ha planteado que el simposio “Es una técnica bastante formal, que tiene muchos puntos de contacto con las técnicas de la mesa redonda y con el panel. La diferencia estriba en que en la mesa redonda los expositores mantienen puntos de vista opuestos, y hay lugar para un breve

debate entre ellos; y en el panel los integrantes conversan o debaten libremente entre sí. En el simposio, en cambio, los integrantes exponen individualmente y en forma sucesiva durante 15 o 20 minutos; sus ideas pueden ser coincidentes o no serlo, lo importante es que cada uno de ellos ofrezca un aspecto particular del tema". [11]

En particular, el simposio de carácter científico metodológico puede posibilitar que destacados especialistas, diserten sobre el tema central que se convoca, desde las vertientes de las ciencias particulares y las variantes metodológicas para el conocimiento de la materia de enseñanza. De esa manera se pueden combinar dos aristas fundamentales en la formación de los profesionales.

Los resultados investigativos que exponen los expertos en el simposio científico metodológico, incrementan el acervo cultural de los estudiantes y otros profesionales presentes, a partir del aprovechamiento de las potencialidades de los recursos informativos [12].

La formación del profesional universitario se constituye en otro aspecto fundamental en el debate teórico contemporáneo. Se insiste en la necesidad de vincular los elementos de carácter propiamente tecnológicos con la preparación en el plano de la cultura general.

La formación del estudiante universitario se inscribe dentro de las necesidades de la preparación integral, que le posibilite el desarrollo de competencias esenciales en la gestión profesional.

La modelación del proceso de desarrollo del simposio científico metodológico, implica considerar aspectos teóricos generales en su concepción.

Del estudio de los referentes teóricos pueden inferirse tres principios básicos, a saber: 1) sistematización de conocimientos, 2) participación diferenciada, 3) asimilación consciente del contenido del tema objeto de estudio.

Como proceso sujeto a etapas o momentos, el simposio científico metodológico puede transcurrir a través de tres etapas principales: 1) planificación y organización, 2) ejecución y 3) valoración de los resultados. En cada etapa se desarrollan acciones tendientes a garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos y su evaluación.

La ejecución del simposio puede estructurarse en dos momentos principales, que incluyen en primer lugar la exposición o disertación del especialista. En segundo lugar, puede transcurrir el intercambio con los profesionales presentes y los estudiantes. En ese marco pueden ponerse combinarse diversas formas de exposición, que incluyen la con-

ferencia dialogada, la disertación de los especialistas y el intercambio de criterios en la parte final.

Los actores principales en el simposio científico metodológico

son el moderador que presenta y regula el proceso; los expositores que en general son profesionales expertos en el tema, y los estudiantes que asumen un papel activo en la asimilación de los conocimientos.

3. RESULTADOS

Teniendo en cuenta los presupuestos teóricos y metodológicos anteriores, los documentos rectores de la Educación Superior y las normativas internas de la Universidad Politécnica Salesiana, se convocó al Simposio Científico Metodológico de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil [13].

De esa manera, con el propósito general de elevar la calidad del proceso de formación del Ingeniero, los objetivos del simposio se dirigieron a contribuir a la formación integral del nuevo Ingeniero en correspondencia con los cambios que se suceden en la matriz productiva del Ecuador y respondiendo a las necesidades de la formación técnica y cultural general.

En varias sesiones previas de preparación, se constituyó la comisión organizadora compuesta por directivos de la carrera, docentes e investigadores. En las reuniones preparatorias también se valoraron las temáticas a desarrollar, atendiendo a las necesidades de la for-

mación del ingeniero y las inquietudes planteadas por los estudiantes.

El simposio se planificó utilizando la forma de charlas y exposiciones de docentes que tienen a su cargo áreas de vital importancia en la preparación técnica, así como desde el ángulo de la preparación metodológica. La participación en el evento incluyó a la mayoría de los docentes y estudiantes de la carrera. También fueron invitados representantes del Instituto Superior Tecnológico Benjamín Rosales Pareja.

En las sesiones se expresó el marcado interés de formar integralmente a los estudiantes, tanto desde la vertiente técnica como humanista. También se explicaron las características generales de la carrera, la nueva malla curricular, así como la influencia de la investigación en la formación integral del ingeniero. Se tuvo en cuenta las competencias necesarias en el desarrollo de su formación profesional en el transcurso de la carrera.

Otras intervenciones se refirieron a la implementación de paneles

de control electrónico en la generación de potencia eléctrica, la evolución del sistema de control y monitoreo de los grupos electrógenos y la funcionalidad de estos paneles ofreciendo soluciones oportunas frente al control, monitoreo y gestión de los mismos.

El tema sobre la actualidad en el empleo de tecnología en los sistemas eléctricos de potencia se valoró desde el uso eficiente de la energía eléctrica. Se explicó que la eficiencia en el consumo se puede también conseguir en todo nivel, inclusive desde la fuente.

Una intervención se refirió a aspectos claves asociados a tendencias actuales de la formación del profesional universitario y la importancia de la ética. También se trató el tema de la automatización con computadora de bolsillo y la participación de los estudiantes en el co-working que promueve la UPS.

De igual manera se abordó la participación de los estudiantes en actividades que respondan a los actuales contextos y el tema de la atención a los egresados. Igualmente se expuso sobre resistencia de aislamiento y de devanados en transformadores de potencia, así como el diseño, modo de operación y aplicación en

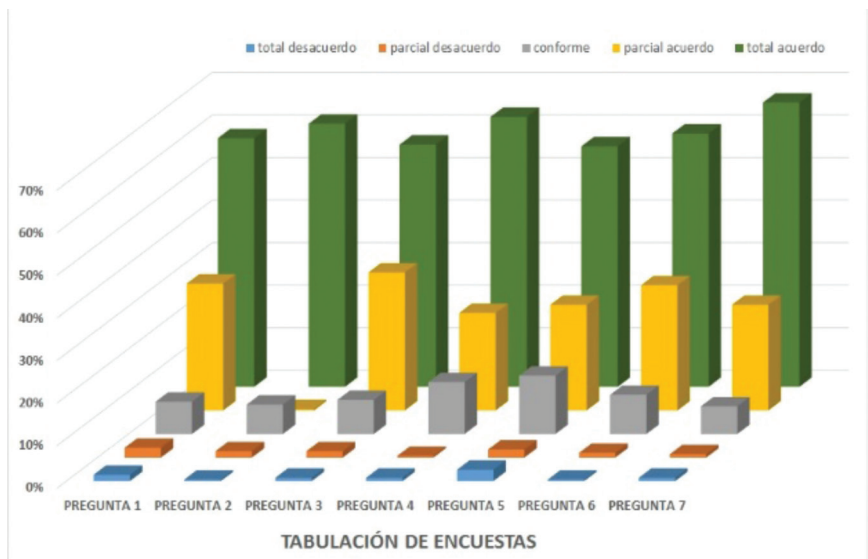
la ingeniería eléctrica de los sistemas SCADA, encargados del control de supervisión y la adquisición de datos remotos en ambientes eléctricos.

Otras exposiciones abarcaron las energías renovables, así como el impacto de las pasantías en la formación del estudiante. Finalmente, en las palabras en la clausura del simposio se reafirmó la significación del evento y su importancia en la formación del Ingeniero Eléctrico.

Para retroalimentar el proceso se aplicó una encuesta a los estudiantes con el propósito de comprobar el cumplimiento de los objetivos del simposio. Los resultados alcanzados permitieron corroborar los criterios recogidos mediante entrevistas generales con los participantes tal como lo muestra la Figura 1.

De los 241 encuestados, más del 70 % ubicó en las máximas categorías los aspectos consultados en cuanto a la contribución de las charlas a su aprendizaje y metodología. Los indicadores mejor valorados se relacionaron con aspectos tan importantes como el aporte al mejoramiento de su desempeño, los horarios utilizados, el contenido de las charlas, las exigencias planteadas, así como la contribución general a su formación profesional.

Figura 1. Encuestas de satisfacción a estudiantes



Fuente: Autores

4. DISCUSIÓN

El tema del uso del simposio científico metodológico en la formación de profesionales universitarios ha sido abordado de forma limitada. La revisión bibliográfica en torno al uso del simposio como forma de organización del proceso docente educativa, confirma la necesidad de sistematizaciones que incluyan aspectos metodológicos claves.

En la experiencia desarrollada se pudieron percibir determinados aspectos, que pueden constituirse en regularidades para la aplicación de esta variante organizativa de la docencia.

Las exposiciones de los docentes abarcaron temas fundamentales tanto en la formación tecnológica de los estudiantes como en el plano de la preparación humanista y cultural en general.

Las intervenciones de los especialistas motivaron el desarrollo de ideas en los estudiantes en aspectos sustanciales de la Ingeniería eléctrica, como la tecnología, automatización y las comunicaciones en función de proyectos eléctricos, resistencia de aislamiento y de devanados en transformadores de potencia y energía renovable, entre otros aspectos.

De igual manera, resultaron de interés el tratamiento de aspectos metodológicos de la política general de la carrera, las características generales de la nueva malla, la significación de la investigación en la formación del profesional, las principales tendencias en ese proceso, así como aspectos de la preparación ética. También resultó de importancia crucial el tratamiento de aspectos de la vinculación con la

sociedad, el tema de los egresados y las pasantías en la formación del estudiante.

Las opiniones de los estudiantes, expresadas a través de entrevistas y la encuesta aplicada, demostraron el grado de satisfacción de los estudiantes con las charlas brindadas por los expositores. La mayoría de los presentes coincidieron en la necesidad de darle continuidad al simposio en períodos posteriores.

5. CONCLUSIONES

Los fundamentos teóricos de la utilización del simposio científico metodológico en la formación de los profesionales universitarios se asientan en los postulados del Enfoque vigostkiano y sus seguidores, así como aspectos teóricos derivados de la Enseñanza desarrolladora, la Pedagogía crítica y el sistema preventivo.

La ejecución del simposio científico metodológico implica tener en cuenta sus características particulares como forma de organización del proceso educativo. La labor colectiva de los especialistas que participan con el uso de la palabra, se convierte en la oportunidad de socializar importantes aspectos del conocimiento

en beneficio del aprendizaje productivo de los estudiantes que se incorporan al plenario.

En el caso que nos ocupa, los objetivos previstos para el desarrollo del simposio fueron alcanzados de manera satisfactoria. La ejecución del proyecto posibilitó la interacción de destacados profesionales del área tecnológica y metodológica de la carrera de Ingeniería Eléctrica, con los estudiantes durante varias sesiones de trabajo colectivo.

La socialización realizada favoreció la creación de un ambiente positivo para la motivación del colectivo estudiantil hacia los propósitos generales del currículo de la carrera.

6. AGRADECIMIENTOS

Al Vicerrectorado de la sede de profesores y estudiantes de Ingeniería Eléctrica, la Dirección, los pro-

7. REFERENCIAS

- [1] P. L. González Rivera, D. Hernández Rodríguez, “Educación para el emprendimiento. Revista Mendive, Vol. 13, Núm. 4 (2015). Universidad de Pinar del Río. <http://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/782> . [Acceso: 26- octubre 2016]
- [2] S. Brown and R. Pickford, *Evaluación de habilidades y competencias en educación superior*. Madrid: Narcea, 2013.
- [3] P. González Rivera, D. Hernández Rodríguez, “Capacitación profesoral y didáctica universitaria interactiva”. INNOVA Research Journal. Vol. 1, Núm. 11 (2016). Universidad Internacional de Ecuador (UIDE), 2016. <http://www.journaluidegye.com/magazine/index.php/innova/article/view/60> [Acceso: 2- enero 2017]
- [4] R. Nassif, *Pedagogía general*. Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 1958.
- [5] M. Alzate P., M. Gómez M. and M. Arbeláez G., “Enseñar en la universidad saberes, prácticas y textualidad”, *Bogotá: Ecoe*, 2011.
- [6] J. Bowden and F. Marton, *La Universidad, un espacio para el aprendizaje*. Madrid: Narcea, 2011.
- [7] F. Addine (Comp.), *Didáctica: teoría y práctica*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 2004. <https://profesorailianartiles.files.wordpress.com/2013/03/didc3a1ctica1.pdf> [Acceso: 26- febrero 2016]
- [8] M. Sevillano García and J. Aguaded Gómez, *Medios, recursos didácticos y tecnología educativa*. Madrid: UNED, 2011.
- [9] M. Sánchez González, *Técnicas docentes y sistemas de evaluación en educación superior*. Madrid: Narcea, 2010.
- [10] J. Cobián Esquivel, J. Vázquez Gama and M. Luévano Ruiz, *Habilidad Verbal*. México: Editorial Universitaria, 2016.
- [11] M. Luna Argudín. *Técnicas didácticas / centradas en el desempeño*. Sf. <http://hadoc.azc.uam.mx/tecnicas/simposio.htm> [Acceso: 26- febrero 2016]
- [12] C. Padrón, N. Quesada, A. Pérez, P. González Rivera, L. Martínez, “Aspectos importantes de la redacción científica”, *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 18, no. 2, pp. 362-380, 2014. <http://www.revcompinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/2106/0> [Acceso: 26- febrero 2016]
- [13] P. González Rivera, “Informe del I Simposio Científico Metodológico de Formación del Ingeniero Eléctrico”, *Carrera Ingeniería Eléctrica, UPS, Guayaquil*, 2016.

Analysis of External Factors in the University Students Dropout, Case Study: Industrial Engineering Career, Salesian Polytechnic University, Headquarters Guayaquil

Análisis de factores externos en la deserción estudiantil universitaria, caso de estudio: carrera de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil

Fabiola Terán¹, Raúl Álvarez², Julián Triana³, Jonathan Rizzo⁴

Abstract: Student dropout and repetition represent significant problems affecting the economic development of a society, with serious repercussions in the higher education system, both public and private, due to the amount of resources spent per student. This article discusses the external factors of student dropout in Higher Education, taking as a case study the Industrial Engineering degree at the Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Despite the existence of many causes of desertion that have been studied by UNESCO and other institutions of Higher Education, including the Universidad Politécnica Salesiana, this paper focuses on the analysis of the external causes to the higher education system that led to the academic dropout in Industrial Engineering. As

part of the study it was carried out a survey, the same that was applied to a base of 386 students who dropped out in the previous academic periods, namely: 44th, 45th, 46th and 47th, obtaining information from 140 former students, which facilitated the realization of an inferential analysis factors that affect the student dropout. The inferential analysis focuses on obtaining significant probabilistic evidence to prove the hypotheses proposed in this investigation.

Keywords: University dropout, Higher Education, Industrial Engineering, Inferential Analysis.

Resumen: La deserción y repitencia estudiantil representan considerables problemas

-
- 1 Fabiola Terán, pertenece al grupo de Investigación Grupo de Investigación Interdisciplinar en Matemática Aplicada
 - 2 Raúl Álvarez, es docente investigador de la Universidad Politécnica Salesiana.
 - 3 Julián Triana, pertenece al grupo de Investigación Grupo de Investigación Interdisciplinar en Matemática Aplicada
 - 4 Jonathan Rizzo, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial de la UPS sede Guayaquil.

que afectan el desenvolvimiento económico de una sociedad, con serias repercusiones en el sistema de educación superior tanto pública como privada, debido a la cantidad de recursos que se invierten por estudiante. En este artículo se analizan los factores externos de la deserción estudiantil en la Educación Superior, tomando como caso de estudio la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. A pesar de existir innumerables causas de la deserción que han sido estudiadas por la UNESCO y otras instituciones de educación superior, incluida la Universidad Politécnica Salesiana, el presente trabajo se enfoca en el análisis de las causas de tipo externo al sistema educativo superior que provocaron la decisión de

abandono de los estudios académicos de los estudiantes en la carrera de Ingeniería Industrial. Como parte del estudio fue realizada una encuesta, la misma que fue aplicada a una base de 386 estudiantes que desertaron en los períodos académicos 44, 45, 46 y 47, obteniéndose la información de 140 exalumnos, que facilitó la realización de un análisis inferencial de los factores que inciden en la causa analizada. El análisis inferencial se centra en obtener evidencia probabilística significativa para probar las hipótesis planteadas en esta investigación.

Palabras Clave: Deserción universitaria, Educación superior, Ingeniería Industrial, Inferencial.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación aborda el análisis de los factores que forman parte de las causas externas al sistema educativo superior que conllevan a la deserción estudiantil. A pesar de existir algunas causas las cuales han sido revisadas en estudios realizados por varias entidades como la Organización de las Naciones Unidas, para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, como también varias universidades del país, incluida la Universidad Politécnica Salesiana, el estudio se concentra en evaluar esta causa en estudiantes que ha pro-

vocado el abandono académico en la carrera de Ingeniería Industrial.

En la siguiente sección se presentan los problemas que se pretenden investigar con el planteo de las hipótesis, y la metodología estadística aplicada que busca determinar el rechazo o aceptación de las mismas, metodología que permitirá establecer conclusiones en relación a cada uno de los factores evaluados relacionados con las causas externas al sistema educativo superior, con lo cual se culmina el presente trabajo de investigación.

2. CAUSAS DE DESERCIÓN

A nivel latinoamericano en el “Informe sobre la Educación Superior en América Latina y el Caribe

2000-2005. La metamorfosis de la educación superior” [1], se analiza este problema y se concluye que

la deserción representa un elevado costo para los países, considerando la alta inversión que realiza el Ecuador es un tema que debe ser analizada sus causas, el costo estimado por ejemplo en América Latina y el Caribe es de alrededor de 2 a 415 millones de dólares anuales producto de abandono o la deserción de los estudios universitarios [1].

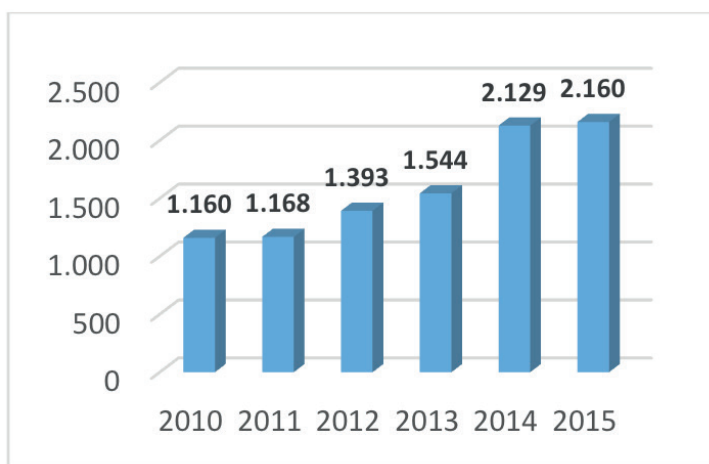
De acuerdo a la Constitución Política del Ecuador se publicó en el Registro Oficial No. 449, del 20 de Octubre del 2008 y reformada por el referéndum y consulta popular de 7 de mayo de 2011 [2] en su artículo 3 promulga: “Son deberes primordiales del Estado: Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en

particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.”

Lo que muestra el compromiso del Estado Ecuatoriano en invertir y preocuparse de la educación en todos sus niveles, en relación a la educación superior el Senescyt (Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencias y Tecnologías) es la encargada de coordinar las acciones entre la función ejecutiva y las diversas instituciones del Sistema de Educación Superior.

De acuerdo a estadísticas del Senescyt el 2015 es el año en que se ha realizado una mayor inversión en la Educación Superior, esto se muestra en el Informe de Rendición de cuentas del 2015 [3], lo que se muestra en la figura 1:

Figura 1. Inversión del estado ecuatoriano en educación en millones de dólares



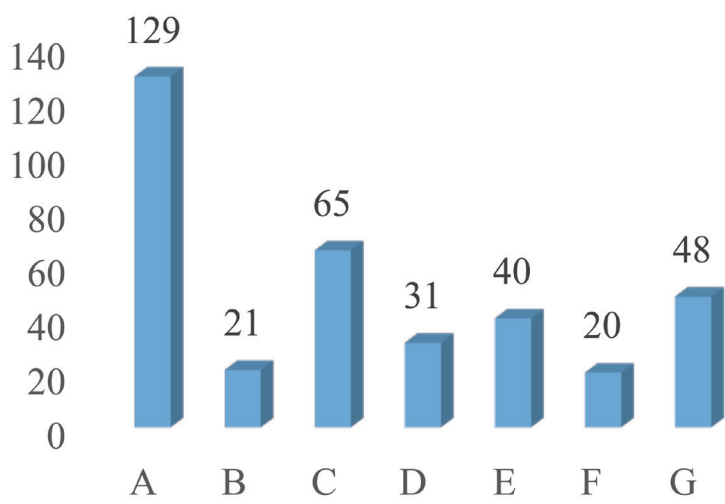
Fuente: Informe de rendición de cuentas 2015. Senescyt.

Pero a pesar de esto la deserción hasta mayo del 2016 de acuerdo a publicación en el diario El Comercio estaba en un porcentaje del 20%, el Estado Ecuatoriano a través del Senescyt ha realizado diversas reformas en la Ley de Educación Superior con la finalidad de reducir estos

porcentajes (Diario El Comercio, 2016).

En la Universidad Politécnica Salesiana a inicios del 2016 la sede Guayaquil [5] efectuó un estudio sobre este tema a nivel de todas las carreras obteniéndose los resultados que se muestran en la figura 2:

Figura 2. Número de estudiantes que han desertado

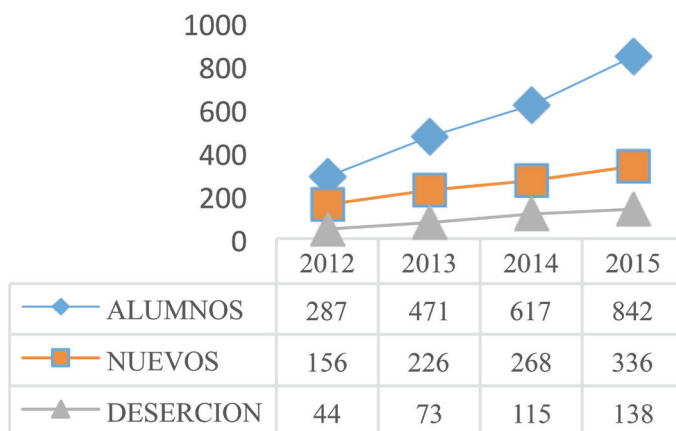


Fuente: Informe sobre deserción 2016. Dirección técnica de Bienestar y Desarrollo Estudiantil.

Donde las carreras corresponden, A: Administración de Empresas; B: Comunicación Social; C: Contabilidad y Auditoría; D: Ingeniería Eléctrica; E: Ingeniería Electrónica; F: Ingeniería Industrial; G: Ingeniería de Sistemas.

En la relación a la carrera de Ingeniería Industrial, la cantidad de alumnos se ha incrementado, de acuerdo a información proporcionada por la página web de la Universidad en el Informe UPS en cifras correspondientes al 2012-2013-2014-2015 [6] [7] [8] [9] y que se muestra en la figura 3:

Figura 3: Cantidad de estudiantes y números de desertores en la carrera de Ingeniería Industrial



Fuente. UPS en Cifras 2012-2013-2014-2015.

Como se observa en el número de estudiantes en la carrera de Ingeniería Industrial se ha incrementado, pero de la misma forma los alumnos que han desertado en la carrera, si se observa a nivel porcentual el 2012 y el 2013 el porcentaje fue de 15,44%, en el 2014 del 18,61% y en el 2015 16,37% a pesar de ser un porcentaje menor, por la cantidad que representa es necesario un análisis de las causas para establecer recomendaciones de mejora que lleven a reducir este número.

Para la determinación de las causas que provocan la deserción se basó en el estudio realizado y detallado en el “Informe sobre la Educación Superior en América Latina y el Caribe 2000-2005” [1], así te-

nemos que las principales causas de la deserción son:

1. Causas externas al sistema educativo superior
2. Causas propias del sistema educativo superior
3. Causas académicas.
4. Carácter personal de los estudiantes.

Pero esto representa una clasificación muy generalizada de las causas, es necesario evaluar cada una y determinar los factores que forman parte de cada uno de estos criterios, tomando de referencia el mismo estudio realizado detallado anteriormente [1], y enfocándonos en las causas las externas al sistema educativo superior tenemos la siguiente clasificación de los factores:

- a. Lugar de residencia

b. Nivel de ingresos

c. Necesidad de trabajar para mantenerse
- d. Nivel educativo de los padres

e. Ambiente familiar

f. Necesidad de trabajar para aportar a la familia.

3. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo se centra en obtener evidencia probabilística significativa para probar las siguientes hipótesis de investigación:⁵

H1: La decisión de deserción en los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Industrial es dependiente a las causas externas al sistema educativo superior.

H2: La situación laboral de los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Industrial es dependiente a la percepción de satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior como motivo de deserción.

H3: La decisión de reingreso de los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Industrial es dependiente al nivel de satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior.

En cada una de las hipótesis planteadas, las hipótesis nulas, se describen como la existencia de independencia en cada variable, es decir, el trabajo describe el rechazo o la aceptación de independencia.

3.1 Metodología

El tipo de investigación que se aplicó es de tipo correlacional y explicativo [10], ya que es necesaria para determinar la relación que puede existir entre dos o más variables de estudio, en este caso, para comprobar si existe causalidad de deserción. La población de estudio fueron aquellos estudiantes que estudiaron en los periodos 44, 45, 46, y 47, y que no se matricularon en el periodo 48. El tamaño de la muestra es de $n=140$ estudiantes a un nivel de significancia del 5% y con un error de 3.06% obtenida de (1).

$$n = \frac{z_{\alpha}^2 N p q}{e^2 (N - 1) + z_{\alpha}^2 p q}$$

(1)

Donde $N=394$, es la población definida como el total de estudiantes comprendidas en la población de estudio, e es el error de muestreo 3,06%, p es la proporción de elementos de estudio que se encuentran en la población y que poseen la característica de investigación 5,6% considerando como estudio previo descrito en la figura 2, q es $1-p$, z_{α} : es un

5 Es común llamar a las hipótesis de investigación hipótesis alternativa.

valor definido que se encuentra de la tabla de la distribución normal estándar con media 0 y varianza 1 $N(0,1)$ y, $1-\alpha$, es la proporción estimada de que el verdadero valor proporcional que se encuentre en tal proporción, Por lo general se denota como $(1-\alpha)$ % de confianza, donde α es el nivel de significancia igual al 5%.

El contraste de las hipótesis se lo realizará por la prueba de independencia Chi-Cuadrado χ^2 , específicamente tablas de contingencia, con la siguiente regla:

Si $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$, con $v = (r-1)(c-1)$ grados de libertad considerando como r el número de filas y c el número de columnas de la matriz de datos de las frecuencias observadas, se rechazará la hipótesis nula de independencia al nivel de significancia $\alpha=0,05$; y en otro caso no se rechazará. El estadístico de prueba será el siguiente:

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{(fo_{i,j} - fe_{i,j})^2}{fe_{i,j}} \quad (2)$$

Donde $fo_{i,j}$ es la frecuencia observada de la i -ésima fila y la j -ésima columna (conteo de resultado de la encuesta) y $fe_{i,j}$ es la frecuencia esperada en i, j obtenida de (2).

$$fe_{i,j} = \frac{(T. fila i)(T. columna j)}{(Tamaño muestral)} \quad (3)$$

En caso de existir frecuencias esperadas menores que 5 se debería utilizar la prueba exacta de Fisher-Irwin. Donde se decide rechazar la hipótesis nula si valor- p (bilateral) $< \alpha=0,05$. [11]

Para contrastar las hipótesis planteadas, el análisis de la deserción de los estudiantes de la carrera de ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, se analizó 4 preguntas de una encuesta realizada detallada en la tabla 1. [12]

Tabla 2. Encuesta de deserción

1. Su deserción a la carrera de ingeniería Industrial en la UPS es: a) Temporal b) Permanente c) No lo he pensado
2. En el último periodo que estaba estudiando en la carrera estaba trabajando: a) Si b) No
3. Indique cuales fueron las principales causas por la que dejó de estudiar la Carrera de Ingeniería industrial en la UPS. (Puede escoger más de una alternativa). Causas externas al sistema educativo superior i. Lugar de residencia ii. Nivel de Ingresos iii. Necesidad de trabajar para mantenerse iv. Nivel educativo de los padres v. Ambiente familiar vi. Necesidad de trabajar para aportar a la familia vii. Otras causas

4. Califique del 1 al 5 el nivel de satisfactorio (1 nada satisfactorio, 2 poco satisfactorio, 3 indiferente 4. Satisfactorio 5. Totalmente satisfactorio) para cada proposición:
- a) Que mi residencia se encontraba en óptimas condiciones en cuanto a su infraestructura.
 - b) Con distancia apropiada desde mi residencia a las instalaciones de la UPS.
 - c) Con suficiente capacidad económica para afrontar los pagos de mis estudios.
 - d) Con flexibilidad en mis horarios de trabajo.
 - e) Con la necesidad de laborar y estudiar para costear mis estudios.
 - f) Con presión por la formación académica previa de mis parientes.
 - g) Con un ambiente familiar adecuado.
 - h) Que estaba aportando económicamente en mi hogar.

Fuente: Los autores

Para la recopilación de los datos, se investigó por medio del sistema informático de la Universidad Politécnica Salesiana los datos personales de los estudiantes (unidad de investigación) para poder contactar-

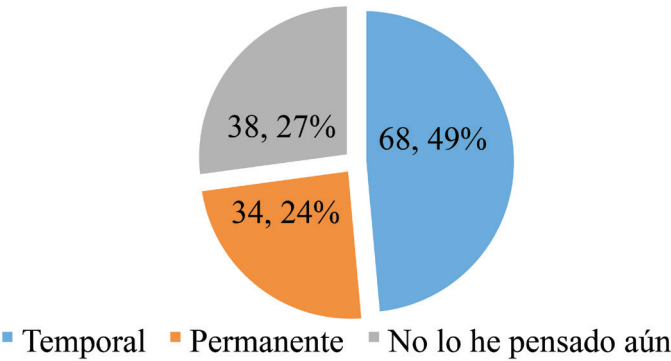
los. Se recopiló información como: correo electrónico personal, dirección domiciliaria, números de teléfonos celulares y convencionales. Los estudiantes llenaron la encuesta por medio de un formulario web.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Basado en la pregunta 1 del instrumento de recopilación de datos, los estudiantes de ingeniería Industrial perteneciente a la unidad de estudio consideran que su retiro es

temporal en un 27%, que el retiro es permanente en un 24%, y 49% de indecisos, es decir, que 68 de 140 no han decidido si van a reincorporarse la carrera. Ver figura 4.

Figura 4: Decisión de reingreso a la carrera

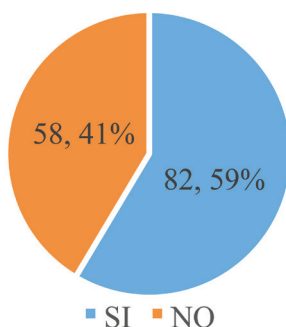


Fuente: Los autores

Es importante conocer sobre la actividad económica de los estudiantes para determinar si existe una causalidad en el retiro de la carrera. La pregunta 2 de la encuesta,

muestra como resultado de que el 41% de alumnos retirados se encontraban laborando y el 59% no se encontraba laborando. Ver la figura 5.

Figura 5: Situación laboral en el último periodo

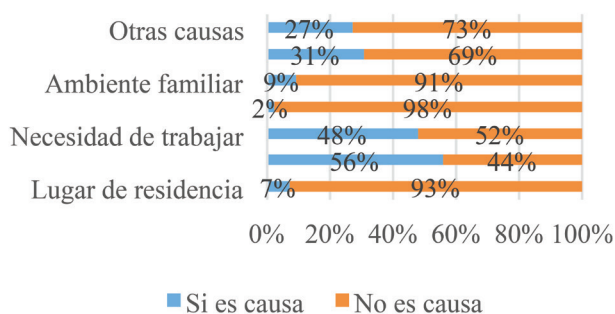


Fuente: Los autores

Apoyado por la pregunta 3 y especificando los mayores porcentajes, los estudiantes retirados consideran como causa de retiro el nivel de ingresos con un 56%, la necesidad de trabajar para mantenerse en un 48% y necesidad de trabajar para

mantener a la familia en un 31%; así mismo han considerado que no es una causa de deserción el nivel educativo de los padres en un 98%, el lugar de la residencia en un 93% y el ambiente familiar en un 91%. Ver figura 6.

Figura 6: Causa externas al nivel educativo superior



Fuente: Los autores

Para realizar contraste de la hipótesis 1, “La decisión de deserción en los estudiantes universitarios de la carrera de ingeniería Industrial es independiente a las causas externas al sistema educativo superior”, se realizará un estudio de asociación por medio de tablas de contingencia

utilizando la prueba Chi-Cuadrado del conteo de la pregunta 3 (Ver Tabla 1). Los resultados de las observaciones se muestran en forma detallada y clasificada en la Tabla 2, nótese que se muestran las frecuencias observadas y las teóricas (3).

Tabla 2. Principales causas por la que dejó de estudiar la Carrera de Ingeniería industrial

Causas externas al sistema educativo superior	No fue causa deserción		Fue Causa de deserción		T. Filas
	fo	fe	Fo	fe	
Lugar de residencia	130	104	10	36	140
Nivel de Ingresos	62	104	78	36	140
Necesidad de trabajar para mantenerse	73	104	67	36	140
Nivel educativo de los padres	137	104	3	36	140
Ambiente familiar	127	104	13	36	140
Necesidad de trabajar para aportar a la familia	97	104	43	36	140
Otras causas	102	104	38	36	140
Total general: Columna	728	728	252	252	980

Fuente: Los autores

El estadístico χ^2 y $\chi^2_{0.05,6}$ y obtenidos por el paquete informático SPSS (programa estadístico que calcula el valor de X^2 de (2)), se puede observar los resultados obtenidos en la tabla 3, en donde el valor de χ^2 y $\chi^2_{0.05,6}$, por lo

tanto se rechaza la hipótesis de independencia, es decir la decisión de deserción en los estudiantes universitarios de la carrera de ingeniería Industrial depende de las causas externas al sistema educativo superior.

Tabla 3. Resultado inferencial de principales causas por la que dejó de estudiar la Carrera de Ingeniería industrial en la UPS

Chi-cuadrado (Valor observado) X^2	189,658
Chi-cuadrado (Valor crítico) $\chi^2_{0.05,6}$	12,592
GL	6
valor-p	< 0,0001
Alfa	0,05

Para comprobar la hipótesis 2, “La situación laboral de los estudiantes universitarios de la carrera de ingeniería Industrial es dependiente a la percepción de satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior como motivo de deserción”, se realizará un estudio de asociación por medio de tablas de contingencia utilizando

la prueba Chi-Cuadrado del conteo clasificatorio y de agrupamiento por medio de la pregunta 2 y la pregunta 4 (Ver Tabla 1). Los resultados de las observaciones se muestran en forma detallada y clasificada en la Tabla 4, nótese que se muestran las frecuencias observadas y las teóricas de manera similar que en la Tabla 2.

Tabla 4. Estado laboral y satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior

	En el último periodo que estaba estudiando en la carrera estaba trabajando:				T. Filas
	SI		NO		
	fo	fe	fo	fe	
P. Satisfactorio	2	4,10	5	2,90	7
Indiferente	17	21,09	19	14,91	36
Satisfactorio	39	38.66	27	27,34	66
T. Satisfactorio	24	18.16	7	12,84	31
Total general: Columna	82	82	58	58	140

Fuente: Los autores

Se podrá notar que existen observaciones esperadas o teóricas con frecuencias menores que 5, por

lo que es necesario realizar la prueba exacta de Fisher-Irwin.

Tabla 5. Prueba Fisher-Irwin de estado laboral y satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior

Prueba exacta de Fisher:	
valor-p (bilateral)	0,026
Alfa	0,05

Fuente: Los autores

Dado que el valor-p computado es menor que el nivel de signifi-

cación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula, y aceptar la hipótesis

alternativa o de investigación, es decir, la situación laboral de los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Industrial es dependiente a la percepción de satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior como motivo de deserción.

Por último, la comprobación de la hipótesis de investigación 3, “La decisión de reingreso de los estudiantes universitarios de la carrera de ingeniería Industrial es dependiente al nivel de satisfacción de las

causas externas al sistema educativo superior”, se realizará un estudio de asociación por medio de tablas de contingencia utilizando la prueba Chi-Cuadrado del conteo clasificatorio y de agrupamiento por medio de la pregunta 1 y la pregunta 4 (Ver Tabla 1). Los resultados de las observaciones se muestran en forma detallada y clasificada en la Tabla 4, nótese que se muestran las frecuencias observadas y las teóricas de manera similar que en la Tabla 2.

Tabla 6. Decisión de reingreso y satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior

	En el último periodo que estaba estudiando en la carrera estaba trabajando:						Tot.
	Temporal		Permanente		No pensado		
	Fo	fe	Fo	fe	fo	fe	
P.S	3	3,4	1	1.8	3	1.9	7
I	17	17,5	10	9	9	9,5	36
S	35	32,1	11	16,5	20	17,4	66
T.S	13	15,0	13	7,8	5	8,2	31
Tot.	68	68	34	34	38	38	140

Fuente: Los autores

De manera similar que, en la comprobación de hipótesis anterior, se observa que existen observaciones esperadas o teóricas con fre-

cuencias menores que 5, por lo que también sería necesario realizar la prueba exacta de Fisher-Irwin.

Tabla 7. Prueba Fisher-Irwin de Decisión de reingreso y satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior

Prueba exacta de Fisher:	
valor-p (bilateral)	0,190
Alfa	0,05

Fuente: Los autores

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, la decisión de reingreso de los estu-

diantes universitarios de la carrera de ingeniería Industrial es independiente al nivel de satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior.

5. CONCLUSIONES

Los factores económicos como el nivel de ingresos familiar, la necesidad de trabajar para su manutención, y la necesidad de trabajar para mantener a la familia se han considerado como las mayores causas de deserción de estudios en la carrera de Ingeniería Industrial con un 56%, 4% y 31% respectivamente.

Estadísticamente se comprobó a un nivel de 5% de significancia de que la decisión de deserción en los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Industrial es dependiente a las causas externas al sistema educativo superior. Realizando una prueba de independencia estadística y con un nivel de confianza del 95% se demostró que la

situación laboral de los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Industrial es dependiente a la percepción de satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior como motivo de deserción.

La decisión de reingreso de los estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Industrial es independiente al nivel de satisfacción de las causas externas al sistema educativo superior.

Los autores para otros trabajos de investigación han desarrollado el análisis inferencial de las otras causas analizando los factores y su relación con la decisión de abandono académico de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial.

6. REFERENCIAS

- [1] L. E. Gonzalez Fiegehen, "Informe sobre la Educación en América Latina y El Caribe", Metrópolis, Caracas, 2005.
- [2] Función Ejecutiva, Constitución Política del Ecuador, Quito, Pichincha, 2008.
- [3] Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, "Informe de Rendición de Cuentas", Quito, 2015.
- [4] Diario El Comercio, "El 26% de los universitarios se retiró los primeros años", El Comercio, 14 mayo 2016.
- [5] Dirección Técnica de Bienestar y Desarrollo Estudiantil, "Informe sobre deserción 2016", Guayaquil, 2016.

- [6] Universidad Politécnica Salesiana, “La UPS en cifras”, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.ups.edu.ec/>. [Último acceso: 19 octubre 2016].
- [7] Universidad Politécnica Salesiana, “La UPS en cifras”, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.ups.edu.ec/>. [Último acceso: octubre 2016].
- [8] Universidad Politécnica Salesiana, “La UPS en cifras”, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.ups.edu.ec/>. [Último acceso: octubre 2016].
- [9] Universidad Politécnica Salesiana, “La UPS en cifras”, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.ups.edu.ec/>. [Último acceso: octubre 2016].
- [10] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, Metodología de la Investigación, Cuarta ed., México: Mc. Graw Hill, 2006.
- [11] R. Walpole, M. Raymond, S. Myers y Y. Keying, Probabilidad y estadística para Ingeniería y Ciencias, Novena ed., México: Pearson, 2012.
- [12] D. A. Viteri Castro y M. A. Uquillas Narváez, Estudio sobre la deserción estudiantil en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Matriz, en los niveles 1er, 2do, y 3ero de todas las Facultades y Escuelas del primer semestre del año académico 2007-2008, Quito: (Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador). Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/3454/T-PUCE-3398.pdf?sequence=1>, 2011.
- [13] D. E. Comercio, “El 26% de los universitarios se retiró los primeros años”, El Comercio, 14 mayo 2016.

The Flipped Classroom and Cooperative Learning in Student Performance Class

La clase invertida y el aprendizaje cooperativo en el rendimiento estudiantil

Enrique Javier Caballero Barros¹, Jorge Gregorio Llaguno Vera²

Abstract: The purpose of this study was to improve the performance of students using the teaching model of the flipped classroom. The participants were 18 students aged between 18 and 22 years who are pursuing a degree in systems engineering. Students are enrolled in the differential calculus course corresponding to the period 47 (October 2015 - March 2016) and the subject corresponds to the real number system. The procedure followed in this study was as follows: (1) At the beginning of the unit students were assessed with an entrance test. (2) The instruction was presented according to the pedagogical model of the inverted class. (3) The exit test was administered at the end of the unit. The time devoted to teaching this unit under this model of learning was 4 hours. The t-paired test was used to accept or reject the null hypothesis. The results show that students who are exposed to the pedagogical model of the inverted class, significantly improve the acquired learning.

Keywords: The flipped classroom, cooperative learning, performance.

Resumen: El propósito de este estudio fue mejorar el rendimiento de los estudiantes utilizando el modelo pedagógico de la clase invertida. Los participantes fueron 18 estudiantes con edades comprendidas entre 18 y 22 años que siguen la carrera de ingeniería en sistemas. Los estudiantes están registrados en la asignatura cálculo diferencial correspondiente al periodo 47 (octubre 2015 - marzo 2016) y el tema corresponde al sistema de números reales. El procedimiento seguido en este estudio fue el siguiente: (1) Al inicio de la unidad se evaluó a los estudiantes con una prueba de entrada. (2) Se presentó la instrucción de acuerdo con el modelo pedagógico de la clase invertida. (3) Se administró al final de la unidad la prueba de salida. El tiempo dedicado a la enseñanza de esta unidad bajo este modelo de aprendizaje fue de 4 horas. Para aceptar o rechazar la hipótesis nula se utilizó la prueba t-emparejada. Los resultados muestran que los estudiantes que son expuestos al modelo pedagógico de la clase invertida, mejoran significativamente el aprendizaje adquirido.

Palabras Clave: Clase invertida, aprendizaje cooperativo, rendimiento.

-
- 1 Enrique Caballero Barros, pertenece al Grupo de Investigación GIEACI, de la Universidad Politécnica Salesiana, ecaballero@ups.edu.ec
 - 2 Jorge Llaguno Vera, pertenece al Grupo de Investigación GIEACI, de la Universidad Politécnica Salesiana, jllaguno@ups.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los retos para el proceso enseñanza-aprendizaje dentro de la educación superior es innovar aplicando nuevas estrategias metodológicas que involucren la utilización de recursos informáticos y tecnológicos. En la actualidad la Internet está teniendo un mayor impacto en la educación, cada vez se busca una educación globalizada a través de este recurso el cual está cambiando el modo en que los estudiantes aprenden [1].

La elaboración de videos por parte de Jonathan Bergman y Aaron Sams de temas tratados en clases, para aquellos estudiantes que por diferentes motivos no podían asistir al aula de clases [2], fue el inicio de lo que hoy llamamos como clase invertida. En esta metodología los estudiantes revisan, preparan y estudian en casa los contenidos de la materia, por medio de un video publicado por el profesor en la Internet; luego; en la clase, ellos participan de talleres, debates, actividades grupales, logrando de esta manera un aprendizaje participativo en el aula.

Bergmann y Sams en su modelo clase invertida, resaltan el hecho que los estudiantes en cualquier momento y las veces que sea necesario pueden revisar el material en línea desde su propia casa, para que luego en aula poder potenciar

el proceso de aprendizaje por medio de la cooperación entre pares y la retroalimentación del profesor [3].

Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue mejorar el desempeño de los estudiantes por medio de la clase invertida y el aprendizaje cooperativo.

1.1 La clase invertida

La clase invertida o flipped classroom son las palabras que utilizaron por primera vez Bergmann y Sams. Esta metodología consiste en ocupar el tiempo disponible del docente en su hogar para que, a través de estos videos elaborados por el docente, puedan revisar los contenidos de la cátedra que cursan. Luego, en clase desarrollan ejercicios, problemas, o actividades planificadas previamente por el profesor. De esta manera que se aprovecha significativamente la interacción dentro del aula para la aplicación de conceptos, los cuales pueden hacerse de manera grupal [4].

Cómo en [5], constituyeron cuatro columnas de suma importancia en la clase invertida:

1. Disponer de un medio acogedor para la elaboración de los materiales, de fácil acceso y manejo.
2. Establecer una cultura de aprendizaje para esta metodología, es

aquí en donde se debe crear conciencia en los estudiantes para que valoren los recursos didácticos utilizados, y el profesor debe ser un apoyo incondicional en todo este proceso.

3. Se debe prevalecer los contenidos en los videos de acuerdo a las habilidades de los estudiantes.

4. El docente debe tener conocimiento pleno del contenido para despejar dudas que surjan en las actividades que realicen los educandos.

Los docentes deben estar preparados para cambiar su metodología de enseñanza tradicional, en donde pasen de ser unos poseedores de conocimiento a un guía y facilitador del aprendizaje [6].

1.2 Aprendizaje cooperativo

El aprendizaje cooperativo implica la colaboración y el aporte de todos sus integrantes en el contenido del aprendizaje. Debe existir una “interacción educativa” en la que los estudiantes se vean comprometidos e

involucrados a una actividad asignada por el docente con el fin de lograr los objetivos planteados [7]. Por esta razón es que el docente; durante este proceso, actúa como “mediador” entre los temas de aprendizaje y cómo asimilan esos temas los estudiantes.

El profesor puede utilizar el enfoque de aprendizaje cooperativo para promover la parte afectiva en la relación con sus pares, desarrollar la capacidad de influir con los compañeros de grupo y una mejor motivación para el estudio [8].

1.3 Hipótesis

La hipótesis de investigación H_1 : La diferencia entre la media de la prueba de entrada y la prueba de salida en el aprendizaje del sistema de números reales es mayor que cero.

La hipótesis nula H_0 : La diferencia entre la media de la prueba de entrada y la prueba de salida en el aprendizaje del sistema de números reales es igual a cero.

2. MÉTODO

2.1 Participantes y sitio

Participaron en este estudio 18 estudiantes con edades comprendidas entre 18 y 22 años registrados en la asignatura de Cálculo Diferencial, esta materia se dicta dentro del programa de Ingeniería en Sistemas

que ofrece la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

2.2 Tareas y materiales instruccionales

La unidad escogida para esta investigación fue sistema de números reales para proceder hacer los vi-

deos con una cámara de alta resolución luego subirlo a un canal de YouTube y posterior a esto seguir el modelo de la clase invertida. El tiempo utilizado en la enseñanza de esta unidad fue de 4 horas.

2.3 Procedimiento

El procedimiento seguido en este estudio fue el siguiente: (1) Al inicio de la unidad se evaluó a los estudiantes con una prueba de entrada. (2) Se presentó la instrucción de acuerdo con el modelo pedagógico de la clase invertida. (3) Se

administró al final de la unidad la prueba de salida.

2.4 Análisis de datos

El estudio es de índole cuantitativa y en el análisis de datos se manejó la prueba t emparejada con un nivel de significación de $p < 0.05$.

Por consiguiente, la prueba t emparejada dio un valor de $t = -32.03$, con 17 grados de libertad y un valor de $p < 1.22 \times 10^{-16}$. Entonces, se admite la hipótesis de esta investigación y se descarta la hipótesis nula.

Tabla 1. Estadística de la prueba de entrada y salida

	Número de estudiantes	Calificación más alta	Calificación más baja	Media Aritmética	Desviación Estándar
Prueba de entrada	18	35	5	12.94	8.87
Prueba de salida	18	98	68	86.17	8.11

Fuente: Autor

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran el número de estudiantes, la calificación

más alta y más baja, la media aritmética y la desviación estándar.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación evidenció la hipótesis de investigación propuesta. Los estudiantes después de la aplicación de la clase invertida mejoraron significativamente su rendimiento y se evidenció un mayor

compromiso y responsabilidad en las tareas asignadas posteriormente.

Cabe destacar que los estudiantes revisaron los videos algunas veces. Esto se evidenció con el número de visualizaciones, dato proporcionado

por el canal de YouTube. Del mismo modo recurrían a otras fuentes de información las cuales la utilizaban al momento de trabajar cooperativamente con sus compañeros.

Se recomienda, antes de la aplicación de este método, cerciorarse que todos los estudiantes tengan

acceso a la Internet desde sus hogares. Tener en cuenta que la cámara utilizada para la elaboración de los videos sea de alta resolución. Además, en la medida de lo posible, tratar de que los videos no superen los 10 minutos, ya que el nivel de atención se perdería.

5. REFERENCIAS

- [1] P. Resta, G. Rumble, Y. Zaporovanny, "Aprendizaje abierto y a distancia." UNESCO, Paris, Francia, Reporte Educativo ED.2003/WS/50, 2002.
- [2] B. Tucker, "The flipped classroom", *EducationNext*, vol. 12 (1), winter, 2012, pp. 82-83
- [3] J. Bergmann, A. Sams, *Flip your classroom: Reach to every student in every class every day*, 1ra Ed, Washington: ISTE/ASCD, 2012, pp. 13-19.
- [4] M. Sánchez, "Flipped TIC: diseño de una experiencia Flipped Classroom en el aula", *Convocatoria experiencias de innovación educativa en el aula virtual para el curso 2012-2013*, Murcia (España), 2013, pp. 6-8.
- [5] A. Sams, J. Bergmann, K. Daniel, B. Bennett, H. Marshall, K. Arfstrom, "The four pillars of FLIP", *Flipped Learning Network.*, 2014, pp 1-2.
- [6] J. Sánchez, J. Ruiz, E. Palmero, "Las clases invertidas: beneficios y estrategias para su puesta en práctica en la educación superior", *XIX Congreso Internacional de Tecnologías para la Educación y el Conocimiento - VI Congreso Pizarra Digital*, Málaga (España), 2014, pp. 11-22.
- [7] C. Coll, I. Solé, "La interacción profesor/alumno en el proceso enseñanza y aprendizaje", *Desarrollo psicológico y educación II*, Madrid: Alianza, 1990, p. 320.
- [8] F. Barriga, G. Hernández, *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*, 2da Ed, México: McGraw-Hill, 2002, pp. 105-106.

